

**THÈSE de DOCTEUR-INGENIEUR**

**présentée**

**à l'Université Pierre et Marie CURIE**

**- Paris 6 -**

**par M. AL-SALTI MOHAMED NAYEF**

**pour obtenir le titre de DOCTEUR - INGENIEUR**

**Sujet de la thèse :**

**ÉTUDE DE LA REPRODUCTION ET DU DÉVELOPPEMENT DE *SESAMIA CALAMISTIS* HAMPSON  
(*LEPIDOPTERA, NOCTUIDAE*) ET DES MODIFICATIONS APPORTÉES PAR UN TRAITEMENT  
INSECTICIDE (CARBOFURAN, DIMETHOATE ET DÉCAMÉTHRINE).**

**soutenue le 5 décembre 1980**

**devant le jury composé de :**

**Mme J. RACCAUD** .....

**Président**

**MM. M. ROTH** .....

**G. STREBLER** .....

**C. CAUSSANEL** .....

**Examineurs**

**O.R.S.T.O.M.**

**P A R I S**

**1 9 8 0**

## AVANT-PROPOS.

Ce travail a été réalisé au laboratoire d'Entomologie Agricole des Services Scientifiques Centraux de l'O.R.S.T.O.M. à Bondy.

Ce travail aurait été irréalisable sans l'appui et l'assistance de nombreuses personnes auxquelles je tiens à exprimer toute ma reconnaissance et mes remerciements plus particulièrement à :

- Madame J. RACCAUD, Professeur à l'Université Pierre et Marie CURIE (Paris VI) ; je lui adresse tous mes remerciements pour avoir contribué énormément à ma formation pendant mon D.E.A. pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant de présider mon jury de thèse.

- Monsieur le Directeur Général de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer qui a bien voulu m'accueillir aux S.S.C. de Bondy.

- Monsieur M. ROTH, Directeur de Recherche de l'O.R.S.T.O.M., qui a bien voulu m'accueillir dans son laboratoire et diriger scientifiquement ce travail et dont l'aide au cours de la rédaction de ma thèse ne sera jamais oubliée. Je le remercie pour les connaissances qu'il m'a transmises concernant la systématique et la biologie des insectes et pour l'honneur qu'il me fait en participant au jury.

- Monsieur G. STREBLER, Professeur à l'I.N.A. Paris-Grignon qui a bien voulu accepter de participer au jury, je lui exprime ici mes très sincères remerciements.

- Monsieur C. CAUSSANEL, Maître assistant à l'Université Pierre et Marie CURIE (Paris VI) qui m'a fait l'amitié d'être membre du jury. Je tiens à le remercier pour la formation qu'il m'a donnée pendant mes études à Paris VI.

- Monsieur J. GRAY, Directeur de Recherche de l'O.R.S.T.O.M. qui m'a beaucoup aidé dans la réalisation de ce travail et dont je n'oublierai jamais la gentillesse.

- Monsieur J. PIART, Maître de Recherche Principal dont l'aide scientifique et technique m'a été très utile dans la réalisation et la rédaction de ce travail.

- M. J. COZ, Pharmacien en chef, avec lequel j'ai eu de nombreuses discussions scientifiques fort intéressantes.

- Monsieur M. PINTA, Chef du laboratoire de Spectrographie et ses collaborateurs, Mesdemoiselles H. AUBERT et Y. ROUSSEL pour l'accueil qu'ils m'ont réservé et Monsieur M. PANSU pour son aide scientifique et technique et l'appui qu'il m'a apporté pour ce qui concerne les analyses chromatographiques.

- Monsieur P. VILLEROY, Directeur du Service technique de Bayer-France Division Phytochim qui a eu l'amabilité de me fournir le carbofuran.

- Monsieur P. CARLE, Chef du Service Entomologie de Procida qui a eu l'amabilité de me fournir le diméthoate et la dècaméthrine.

- Monsieur J. DEJARDIN, Directeur de Recherche et Madame V. ANDRE qui ont mis à ma disposition le matériel nécessaire à la réalisation des calculs statistiques.

- Madame L. GILLON qui a eu l'amabilité (et la patience) d'assurer la frappe de ce travail, ainsi que le personnel du Service de la Publication dont l'aide matérielle et technique a été indispensable à la réalisation concrète de ce travail : Monsieur QUINET, Madame ROTH, Madame HETUIN et Madame AING.

## SOMMAIRE

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCTION .....                                                                     | 1  |
| <b>1. CHAPITRE I : CONSIDERATIONS GENERALES SUR <i>SESAMIA CALAMISTIS</i> HAMPSON.</b> |    |
| 1.1. POSITION SYSTEMATIQUE DE L'INSECTE ETUDIE..                                       | 5  |
| 1.2. REPARTITION GEOGRAPHIQUE DE <i>S. CALAMISTIS</i> HAMPSON.....                     | 6  |
| 1.3. PLANTES-HOTES.....                                                                | 6  |
| 1.4. CARACTERES MORPHOLOGIQUES ESSENTIELS DE <i>SESAMIA CALAMISTIS</i> HAMPSON.....    | 7  |
| 1.5. BIOLOGIE DE <i>S. CALAMISTIS</i> HAMPSON.....                                     | 14 |
| 1.6. DEGATS : .....                                                                    | 17 |
| 1.6.1. SUR MAIS.....                                                                   | 17 |
| 1.6.2. SUR RIZ .....                                                                   | 17 |
| 1.6.3. SUR CANNE A SUCRE.....                                                          | 18 |
| 1.7. MOYENS DE LUTTE.....                                                              | 18 |
| 1.7.1. LUTTE CHIMIQUE.....                                                             | 18 |
| 1.7.2. LUTTE BIOLOGIQUE.....                                                           | 23 |
| 1.7.3. METHODES CULTURALES ET SELECTION DE VARIETES RESISTANTES.....                   | 25 |
| <b>2. CHAPITRE II : ELEVAGE DE <i>SESAMIA CALAMISTIS</i> HAMPSON</b>                   |    |
| 2.1. MATERIEL ET METHODES .....                                                        | 30 |
| 2.1.1. ELEVAGE DES LARVES ET INCUBATION DES OEUF.....                                  | 31 |
| 2.1.2. CONDITIONS DE DEVELOPPEMENT NYMPHAL.....                                        | 35 |
| 2.1.3. ELEVAGE DES ADULTES.....                                                        | 36 |
| 2.1.4. ELEVAGE DES LARVES SUR UNE PLANTE-HOTE NATURELLE, LE MAIS.....                  | 40 |
| 2.2. RESULTATS ET DISCUSSION.....                                                      | 45 |
| 2.2.1. DETERMINATION DU NOMBRE DE STADES LARVAIRES.....                                | 45 |
| 2.2.2. DUREE DU DEVELOPPEMENT LARVAIRE ET NYMPHAL.....                                 | 47 |
| 2.2.3. POIDS DES CHRYSALIDES.....                                                      | 53 |
| 2.2.4. RENDEMENT DE L'ELEVAGE.....                                                     | 57 |
| 2.2.5. FECONDITE.....                                                                  | 58 |
| 2.2.6. APPARITION DES MALFORMATIONS MORPHOLOGIQUES.....                                | 59 |
| 2.3. CONCLUSIONS .....                                                                 | 61 |

|                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3. CHAPITRE III : INFLUENCE DE QUELQUES FACTEURS<br>SUR LA FECONDITE DE <i>SESAMIA</i><br><i>CALAMISTIS</i> HAMPSON                                                 |    |
| A - FACTEURS LIES AU DEVELOPPEMENT DES STADES<br>PREIMAGINAUX.....                                                                                                  | 63 |
| 3.1. RELATION ENTRE LE POIDS DES CHRYSALIDES<br>FEMELLES ET LA FECONDITE.....                                                                                       | 65 |
| 3.1.1. TECHNIQUES D'ETUDES .....                                                                                                                                    | 65 |
| 3.1.2. RESULTATS.....                                                                                                                                               | 65 |
| 3.2. INFLUENCE DE L'ALIMENTATION LARVAIRE EN<br>MILIEU ARTIFICIEL ET NATUREL SUR LA<br>FECONDITE.....                                                               | 68 |
| 3.2.1. TECHNIQUES D'ETUDES.....                                                                                                                                     | 68 |
| 3.2.2. RESULTATS .....                                                                                                                                              | 68 |
| B - FACTEURS AGISSANT DIRECTEMENT SUR L'ADULTE.....                                                                                                                 | 69 |
| 3.3. INFLUENCE DE L'ACCOUPLEMENT SUR LA FECONDITE<br>DE <i>S. CALAMISTIS</i> .....                                                                                  | 69 |
| 3.3.1. TECHNIQUES D'ETUDES.....                                                                                                                                     | 70 |
| 3.3.2. RESULTATS.....                                                                                                                                               | 70 |
| 3.4. DEROULEMENT DE L'OVIPOSITION A $27^{\circ} \pm 2^{\circ}C$ .....                                                                                               | 74 |
| 3.4.1. TECHNIQUES D'ETUDES .....                                                                                                                                    | 75 |
| 3.4.2. RESULTATS.....                                                                                                                                               | 75 |
| 3.5. INFLUENCE DU SUPPORT DE PONTE ET DE SON<br>DEGRE D'IMBIBITION SUR LA FECONDITE DE<br><i>S. CALAMISTIS</i> HAMPSON.....                                         | 75 |
| 3.5.1. TECHNIQUES D'ETUDES .....                                                                                                                                    | 78 |
| 3.5.2. RESULTATS.....                                                                                                                                               | 80 |
| 4. CHAPITRE IV : EFFETS DES DOSES SUBLETALES DE<br>DIVERS INSECTICIDES SUR LA PHYSIO-<br>LOGIE DU DEVELOPPEMENT DES LARVES<br>DE <i>SESAMIA CALAMISTIS</i> HAMPSON. |    |
| 4.1. INSECTICIDES UTILISES .....                                                                                                                                    | 85 |
| 4.1.1. FORMULES ET PROPRIETES PHYSICOCHIMIQUES.....                                                                                                                 | 85 |
| 4.1.2. PROPRIETES BIOLOGIQUES .....                                                                                                                                 | 87 |
| 4.1.3. MODE D'ACTION .....                                                                                                                                          | 91 |
| 4.1.4. MODE D'UTILISATION LORS DE NOS TESTS.....                                                                                                                    | 92 |
| 4.1.5. PREPARATION DES SOLUTIONS.....                                                                                                                               | 93 |
| 4.1.6. CHOIX DE LA DOSE SUBLETALE.....                                                                                                                              | 93 |

|        |                                                                                                                                                                                                                                           |     |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2.   | ETUDE STATISTIQUE DE L'HOMOGENEITE DU<br>POIDS DES LARVES DU 3 <sup>ème</sup> STADE LARVAIRE<br>DE <i>SESAMIA CALAMISTIS</i> HAMPSON.....                                                                                                 | 94  |
| 4.3.   | EXPERIENCES REALISEES - PROCEDURE EXPERI-<br>MENTALE ET RESULTATS.....                                                                                                                                                                    | 95  |
| 4.3.1. | EFFET DU CARBOFURAN SUR LA PHYSIOLOGIE DU<br>DEVELOPPEMENT DES LARVES DE <i>S.CALAMISTIS</i> HAMPSON.                                                                                                                                     | 95  |
| 4.3.2. | EFFET DE LA DECAMETHRINE SUR LA PHYSIOLOGIE<br>DU DEVELOPPEMENT DES LARVES DE <i>S.CALAMISTIS</i><br>HAMPSON .....                                                                                                                        | 108 |
| 4.3.3. | EFFET DU DIMETHOATE SUR LA PHYSIOLOGIE DU<br>DEVELOPPEMENT DES LARVES DE <i>S.CALAMISTIS</i><br>HAMPSON.....                                                                                                                              | 120 |
| 5.     | CHAPITRE V : EFFET DU DIMETHOATE SUR LA REPRODUC-<br>TION DE <i>SESAMIA CALAMISTIS</i> HAMPSON<br>ET SENSIBILITE DES LARVES DE <i>S.CALA-<br/>MISTIS</i> A L'EGARD DE LA DECAMETHRINE<br>ET DU CARBOFURAN.                                |     |
| 5.1.   | METHODE D'ETUDE .....                                                                                                                                                                                                                     | 133 |
| 5.2.   | RECHERCHE DE LA DL50 POUR LE DIMETHOATE.....                                                                                                                                                                                              | 136 |
| 5.3.   | EFFET DU DIMETHOATE SUR LA REPRODUCTION DE<br><i>S.CALAMISTIS</i> HAMPSON.....                                                                                                                                                            | 137 |
| 5.4.   | SENSIBILITE DES LARVES DE <i>S.CALAMISTIS</i> HAMPSON<br>A L'EGARD DE LA DECAMETHRINE ET DU CARBOFU-<br>RAN.....                                                                                                                          | 146 |
| 5.4.1. | RECHERCHE DES DL50 ET DL90 POUR LA DECAMETHRI-<br>NE.....                                                                                                                                                                                 | 146 |
| 5.4.2. | RECHERCHE DES DL50 ET DL90 POUR LE CARBOFURAN.                                                                                                                                                                                            | 148 |
| 5.4.3. | RESULTATS .....                                                                                                                                                                                                                           | 156 |
| 6.     | CHAPITRE VI : ETUDE DE L'ACTIVITE SYSTEMIQUE (TELE-<br>TOXICITE) DU CARBOFURAN EN TRAITEMENT<br>DU SOL, DES VITESSES D'ACCUMULATION<br>DU CARBOFURAN DANS LE MAIS, DE SA<br>REMANENCE DANS LE MAIS ET DE SA DE-<br>GRADATION DANS UN SOL. |     |
| 6.1.   | ETUDE DE L'ACTIVITE SYSTEMIQUE (OU TELETOXI-<br>CITE) DU CARBOFURAN EN TRAITEMENT DU SOL.....                                                                                                                                             | 159 |
| 6.1.1. | MATERIEL ET METHODES.....                                                                                                                                                                                                                 | 161 |
| 6.1.2. | RESULTATS .....                                                                                                                                                                                                                           | 164 |

|                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.2. ETUDE DES VITESSES D'ACCUMULATION, DE LA<br>REMANENCE DU CARBOFURAN DANS LE MAIS ET<br>DE SA DEGRADATION DANS LE SOL ET LA SOLU-<br>TION NUTRITIVE..... | 176 |
| 6.2.1. MATERIEL ET TECHNIQUES .....                                                                                                                          | 177 |
| 6.2.2. METHODES DE DOSAGE .....                                                                                                                              | 181 |
| 6.2.3. RESULTATS.....                                                                                                                                        | 192 |
| CONCLUSIONS GENERALES .....                                                                                                                                  | 202 |
| BIBLIOGRAPHIE .....                                                                                                                                          | 206 |

## INTRODUCTION.

Les foreurs des graminées vivrières représentent un des groupes d'insectes les plus importants du point de vue économique (JEPSON, 1954). Ils sont actuellement au premier plan des préoccupations des Gouvernements africains ; il s'agit essentiellement de chenilles de Lépidoptères, *Pyralidae* et *Noctuidae*.

Signalons que la famine qui a frappé le Japon dans les années quarante était due à une forte attaque du *Chilo suppressalis* sur riz (Mc NAUGHTON, 1946, in litt). MALLAMAIRE (1934, in litt) affirme que *Sesamia vuteria*<sup>(1)</sup> occasionne des dégâts toujours très importants en basse Côte d'Ivoire rendant presque impossible toute culture industrielle du maïs. COTTEREL (1925, in litt) relate qu'en raison des attaques des sésamies, il n'est pas possible de faire une deuxième culture annuelle de maïs, en lisière de forêts, dans les pays équatoriaux d'Afrique où la pluviométrie est abondante. Sur le maïs et le sorgho, SUTHERLAND (1954) signale, qu'en Afrique de l'Ouest, le pourcentage des attaques se situe très souvent au-delà de 33%. Ces attaques peuvent provoquer l'avortement des épis et la cassure des tiges de maïs, le rendement se trouvant, de ce fait, fortement abaissé.

RISBEC (1950), APPERT (1957), SUTHERLAND (1954), GREGORY (1957) rapportent que les larves de *Busseola* sp. et de *Sesamia* sp. endommagent la canne à sucre au Nigéria ; 88% de tous les foreurs identifiés sur céréales dans la région équatoriale et 100% dans la savane appartiennent au genre *Sesamia*. HARRIS (1962) et USUA (1966, 1968) ont montré que la présence d'une à deux larves de foreurs des tiges par pied de maïs provoque une baisse de 25% de la récolte. Les baisses de rendement du maïs dues aux attaques des foreurs des tiges

(1). Synonyme de *Sesamia calamistis* (BRENIERE, 1977 ; in Pests in Tropical Crops).

à Ibadan s'échelonnent de 10 à 100% (ELIJNATTEN, 1965, in Nigerian J. Ent. 1974 ; 1 (1), pp. 57-62).

*Sesamia calamistis* Hampson est souvent citée comme étant l'un des ravageurs les plus importants du maïs en Afrique de l'Ouest et à Madagascar (APPERT et RANAIVOSOA, 1970). Au Nigéria, dans la zone de savane, *S. calamistis* provoque des dégâts importants non seulement au maïs, mais aussi au riz, au sorgho, aux jeunes plants de canne et aux graminées fourragères (ADYEMI et al. 1966 ; HARRIS, 1962). A Maurice, MOUTIA et COURTOIS (1952) observent que *Sesamia calamistis* provoque très souvent des dégâts importants sur les jeunes plants de canne à sucre ; BUYCKX (1962) la signale sur la canne à sucre, le riz, le sorgho au Zaïre, au Ruanda et Burundi. BRENIERE (1966) classe *Sesamia calamistis* parmi les principaux ennemis du riz à Madagascar et note qu'en Afrique de l'Ouest, le riz pluvial offre à *Sesamia calamistis* des conditions plus favorables que le riz irrigué (BRENIERE, 1976).

Le maïs n'ayant pas de possibilité de tallage peut être détruit par une seule chenille mal située alors que le mil et le riz, grâce à un tallage abondant, résistent beaucoup mieux (BRENIERE, 1977, in Pests in Tropical Crops).

L'acuité des problèmes que pose cette noctuelle, par l'ampleur des dommages causés, rend particulièrement souhaitable la recherche de divers moyens de lutte. Les conditions économiques régionales, le fait que la grande majorité des céréales soient cultivées par un paysannat traditionnaliste, sur de petites parcelles en association avec d'autres cultures, le caractère endophyte de la vie larvaire du ravageur et l'interdiction des insecticides organochlorés les plus efficaces incitent à rechercher d'autres moyens de lutte : nouveaux types de matières actives, meilleures modalités de traitements en fonction de l'éthologie de l'insecte, attractifs sexuels (phéromones synthétisées), entomophages, utilisation de variétés résistantes, destruction de plantes-hôtes intermédiaires etc. La mise en oeuvre de l'ensemble de ces techniques de lutte constitue ce qu'on appelle la "lutte intégrée". Toutefois la lutte chimique semble être la seule actuellement

réalisable contre ce ravageur (BRENIERE, 1976).

Dans un premier temps, nous avons essayé de mettre au point une méthode d'élevage permettant la réalisation du cycle complet de l'oeuf à l'adulte, pendant plusieurs générations successives, sans trop de difficultés, dans les conditions de notre laboratoire. Comme le remarque GUENNELON (1968) l'élevage sur milieu artificiel ou semi-synthétique permet d'assurer une production importante d'insectes de laboratoire à toute période de l'année et notamment pendant les saisons froides où la plante-hôte est indisponible. Le matériel biologique obtenu par cette méthode est en outre beaucoup plus homogène du fait que l'aliment est lui-même homogène et constant.

Dans un deuxième temps, nous avons analysé les rapports entre certains critères et certains facteurs (biotiques et abiotiques) et la fécondité de la sésamie. Ces données sont l'accouplement, le poids des chrysalides femelles, le support de ponte (et l'influence de l'hygrométrie sur le support de ponte) et l'alimentation des larves sur milieu naturel ou milieu artificiel.

Nous avons ensuite déterminé les doses critiques ou "DL<sub>50</sub>" et DL<sub>90</sub>" (selon une notion utilisée en toxicologie) pour caractériser l'effet toxique d'un insecticide. Nous avons indiqué que dans l'état actuel des choses la lutte chimique demeure la seule méthode de lutte applicable contre la sésamie. Il est donc indispensable d'étudier les conséquences des traitements insecticides sur le développement et la reproduction de cet insecte. Les manifestations les plus évidentes des effets sublétaux des insecticides interviennent au niveau de la reproduction et du développement. Des modifications de la fécondité, de la fertilité et du développement ont été observées par différents auteurs (KUIPERS, 1962 ; RAMADE, 1967 ; MORIARTY, 1969 et 1971 ; RIVIERE, 1977 ; CASIDA et al., 1971).

Les substances expérimentées sont des insecticides de synthèse organo-phosphorés (diméthoate), carbamates, (carbofuran), ainsi que des pyréthrinoides (décaméthrine).

Nos investigations ont porté, plus spécialement, sur les possibilités de réduction des populations du ravageur par perturbation de leur développement et de leur reproduction par intoxication directe de l'insecte au moyen d'une substance insecticide. Nous avons recherché dans quelles conditions un insecticide, utilisé à des doses qui ne provoquent pas de mortalité immédiate, pourrait néanmoins avoir, à plus long terme, sur la reproduction des insectes traités, d'autres effets qui réduiraient la population du ravageur et l'importance de ses dégâts.

Dans une quatrième série d'expériences, nous avons étudié la télétoxicité du carbofuran en traitement insecticide du sol contre les larves de *Sesamia calamistis*, ainsi que le phénomène de migration du carbofuran en application dans un sol, ou dans une solution nutritive, vers les parties aériennes du maïs.

## 1. CHAPITRE I

## CONSIDERATIONS GENERALES

## SUR

*SESAMIA CALAMISTIS* HAMPSON

## 1.1. POSITION SYSTEMATIQUE DE L'INSECTE ETUDIE.

GUENEE crée en 1852 le genre *Sesamia* ; il dénomme *Sesamia nonagrioides*, l'espèce que LEFEBVRE avait décrite en 1827 sous le vocable de *Cossus nonagrioides*. *S. vuteria* Stoll fût longtemps utilisé en synonymie de *S. nonagrioides* ; ce synonyme est actuellement abandonné, il faut noter cependant que souvent, en Afrique, furent confondues sous cette appellation de *Sesamia vuteria* deux espèces différentes : *Sesamia calamistis* Hampson et *Sesamia nonagrioides botanephaga* Tams et Bowden (cette dernière étant particulière aux zones forestières d'Afrique où la saison sèche est brève et clémentine). Sur le pourtour de la Méditerranée, *S. cretica* et *S. nonagrioides* sont bien connues comme ravageurs du maïs ; en Asie, *S. inferens* est une espèce très polyphage, redoutée sur riz, surtout en Inde, tandis qu'en Afrique inter-tropicale *S. calamistis*, et à un moindre degré *S. nonagrioides botanephaga* comptent parmi les principaux déprédateurs du maïs.

D'après la révision du genre *Sesamia* Guénée, faite en 1953 par TAMPS et BOWDEN, la position systématique pour l'espèce étudiée est la suivante :

Classe : Insectes

Ordre : Lépidoptères

- Hétéroptères

- Ditrysia

- Hétéroceres

Super-famille : *Noctuoidea*

Famille : *Noctuidae*

Sous-famille : *Amphipyrrinae*

Genre : *Sesamia*

Espèce : *Sesamia calamistis* Hampson

## 1.2. REPARTITION GEOGRAPHIQUE DE *SESAMIA CALAMISTIS* HAMPSON.

C'est une espèce largement répartie dans la zone tropicale à saison sèche bien marquée (zone des savanes), signalée par plusieurs auteurs dans divers pays d'Afrique et dans les îles de l'Océan Indien. La distribution précise de cette espèce est donnée par TAMS et BOWDEN (1953). Ils notent sa présence en Afrique du Sud, en Rhodésie du Nord, en Ouganda, en Tanzanie, à la Grande Comore, à Maurice, à La Réunion, en Angola, au Cameroun, au Nigéria, au Ghana, au Niger, en Côte d'Ivoire, au Sénégal et en Gambie. APPERT et RANAIVOSOA (1970) la signale à Madagascar, et BRENIERE (1977, in *Pests in tropical crops*) la signale au Congo, en Haute-Volta, au Rwanda, au Burundi et au Soudan.

## 1.3. PLANTES HÔTES.

Cette sésamie est l'un des ravageurs les plus importants des graminées cultivées ; elle est particulièrement dangereuse pour le maïs, mais elle attaque également le riz, le sorgho, le blé, le mil *Pennisetum*, les jeunes plants de canne à sucre, les graminées fourragères, ainsi que plusieurs graminées sauvages à partir desquelles elle peut émigrer sur les graminées vivrières : *Ananropogon* sp., *Beckeropsis uniseta*, *Cenchrus echinatus*, *Coix lachryma-jobi*, *Cyperus papyrus*, *Eleusine coracana*, *Hyparrhenia rufa*, *Lolium* sp., *Paspalum conjugatum*, *Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum*, *P. subangulatum*, *P. thyphoides*, *Pnalaris arundinacea*, *Paspalum urvillei*, *Rottboellia compressa*, *R. exaltata*, *Setaria splendida*, *S. barbata*, *Sorghum halepense*, *S. verticilliflorum*.

*Sorghum arundinaceum*, *Tripsacum latum*, *Vetiveria zizanioides*, *Vossia cuspidata* ; (MOUTIA, 1934 ; HARRIS, 1962 ; RAO et NAGAJA, 1969 ; BRENIERE, 1977 in Pests in tropical crops).

#### 1.4. CARACTERES MORPHOLOGIQUES ESSENTIELS DE *SESAMIA CALAMISTIS* HAMPSON.

L'adulte est un papillon de 22 à 30 millimètres d'envergure chez le mâle et de 24 à 36 millimètres chez la femelle ; la longueur du corps de l'adulte atteint 13 millimètres. La tête et le thorax sont beige clair plus moins striés de brun foncé. Les antennes du mâle sont moyennement bipectinées, serratifformes à l'apex, munies à leur base de cils courts en bouquet ; les antennes de la femelle sont simples, filiformes. Les ailes antérieures sont beige clair, plus ou moins largement parsemées d'écailles grises ou de zones foncées, avec la frange d'un blanc ochracé légèrement enfumée sur les deux premiers tiers ; les ailes postérieures sont d'un blanc pur avec les nervures et la frange légèrement jaunâtre (Fig. N° 1).

Suivant les régions, la coloration, les marques et les dimensions sont très fluctuantes :

- on note ainsi, surtout chez les formes méridionales et occidentales, une forte réduction dans les marques enfumées de l'aile, souvent combinée, dans l'extrême Ouest du continent africain, avec une nuance jaune d'or ou nettement ocre ;

- on note également une diminution de la taille particulièrement nette sur les spécimens de l'Ouest africain et des Mascareignes (APPERT, 1967 et 1971 ; APPERT et RANAIVOSOA, 1970).

Les larves sont glabres, de coloration rose jaunâtre uniforme, sur la partie dorsale ; la partie ventrale est chamois clair ; les stigmates sont ovales, allongées et à cadre noir bien marqué ; les

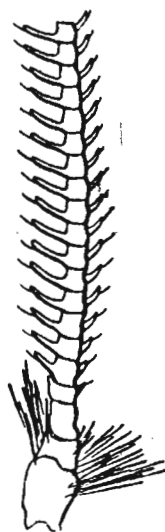
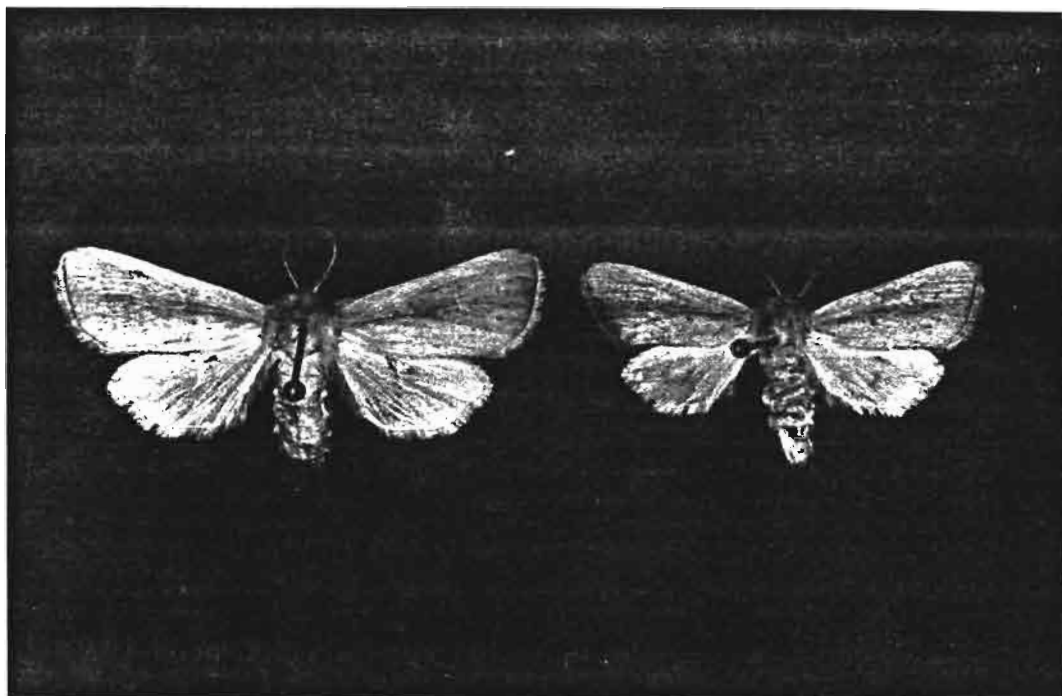


Fig. N°1 : *Sesamia calamistis* Hampson, papillons (X2).  
A gauche femelle ; à droite mâle. En bas, antenne  
d'adulte mâle (d'après TAMS et BOWDEN, 1953)

tubercules du corps sont faibles et peu apparents. Les fausses pattes sont munies de crochets en arc de cercle uni-ordinal, largement ouvert. La longueur peut atteindre 30 à 40 millimètres et la largeur 3,5 millimètres (Fig. N° 2).

Les nymphes sont des chrysalides de couleur brun rouge, plus foncé vers l'apex. A l'extrémité de l'abdomen, le crémaster porte deux épines dorsales ainsi qu'une petite protubérance ventrale. Les ébauches des pattes et antennes ne dépassent jamais l'extrémité des ébauches alaires (BRENIERE, 1976).

La chrysalide (Fig. N° 3) mesure en moyenne  $17,5 \pm 2$  millimètres chez le mâle et  $19 \pm 2$  millimètres chez la femelle, sur des spécimens élevés ou récoltés sur maïs (APPERT et RANAIVOSOA, 1970).

Les oeufs sont insérés par la femelle sur la face interne des gaines foliaires, à quelques centimètres de la ligule. Ils sont disposés côte à côte, sur une seule couche, en plaques plus ou moins importantes, irrégulières, généralement allongées dans le sens de la tige.

Ces oeufs sont subsphériques, aplatis au contact du végétal et au pôle opposé, peu déformés par contre au contact des oeufs voisins (Fig. N° 3). Ils mesurent en moyenne 1,3 millimètre de diamètre et 1 millimètre de hauteur. De coloration jaune pâle au moment de la ponte, ils se teintent en rose pâle à l'approche de l'éclosion (BRENIERE, 1976).

-*Pièces génitales.* Peu nombreux sont les auteurs qui ont basé leurs descriptions du genre *Sesamia* sur l'examen des pièces génitales de l'un ou l'autre sexe. Cet examen s'impose pourtant particulièrement pour ce genre homogène dont les caractères externes suffisent tout au plus à définir des groupes d'espèces, sans permettre de définir l'espèce avec précision. Il faut donc s'en rapporter aux genitalia pour obtenir une détermination exacte au niveau spécifique. Une clé de détermination a été établie par TAMS et BOWDEN (1953) pour les

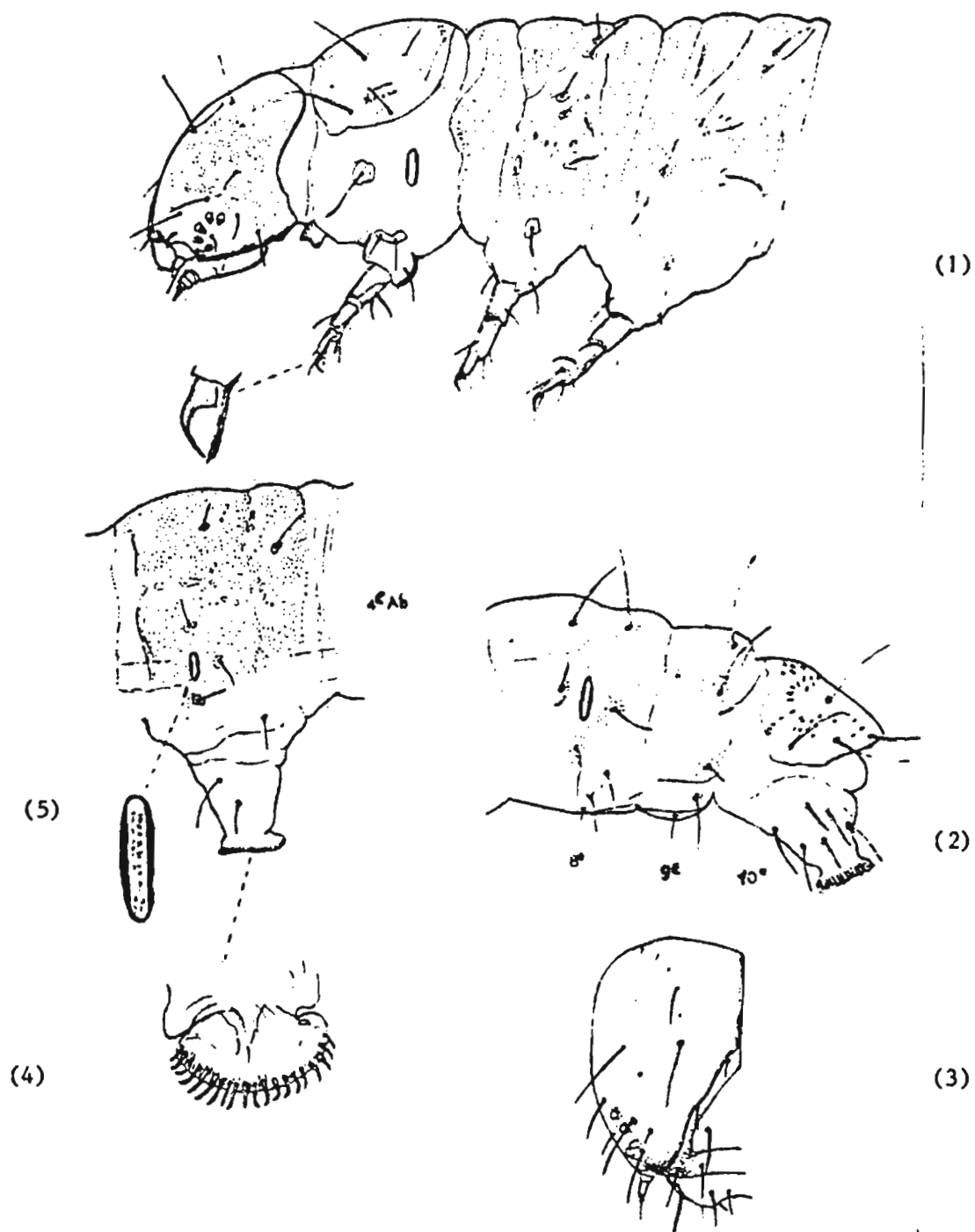


Fig.2 : Caractères morphologiques larvaires de *Sesamia calamistis* Hampson (d'après APPERT, 1967 et BRENIERE, 1976).

(1) Tête et thorax d'une chenille, (2) Extrémité postérieure de la chenille, (3) Tête, (4) Détail de l'extrémité d'une fausse patte, (5) Stigmate à cadre noir bien marqué

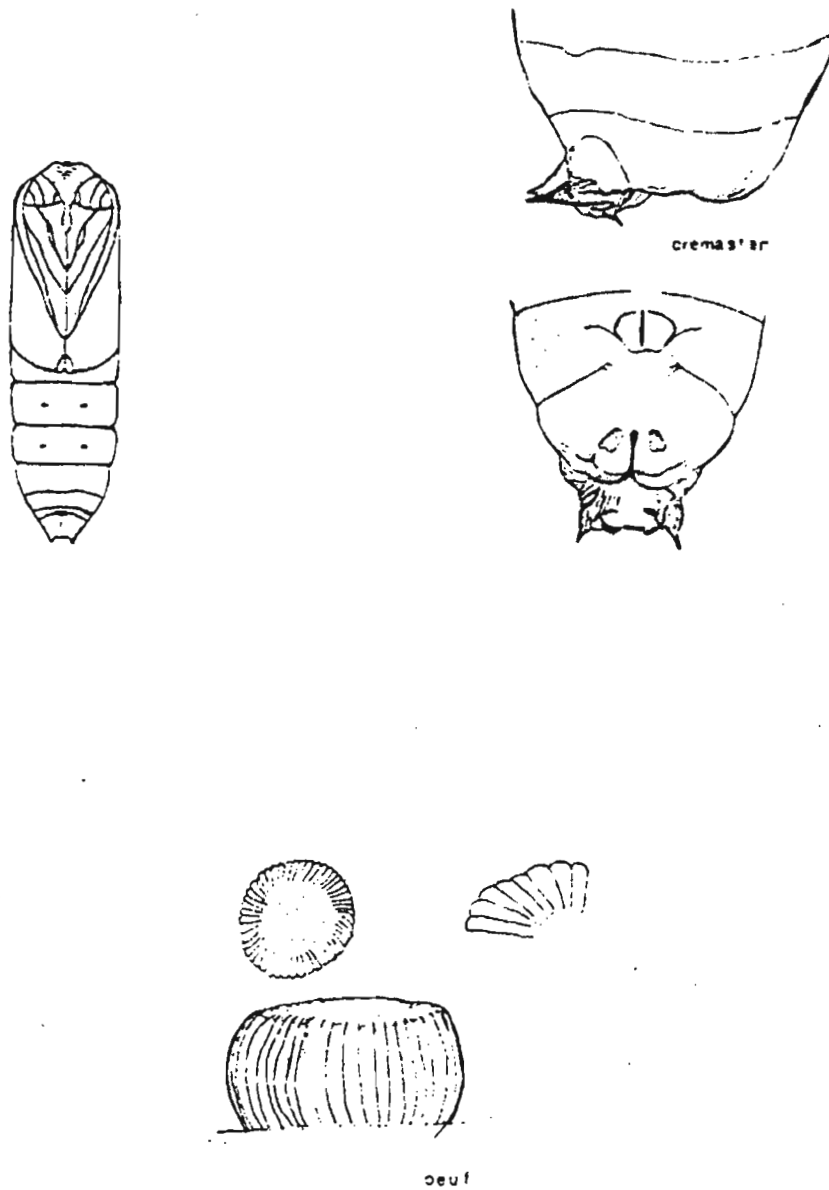


Fig. N°3 : A gauche chrysalide de *Sesamia calamistis* Hampson ;  
à droite extrémité de l'abdomen de la chrysalide mâle.  
En bas, oeuf.

espèces rencontrées en Afrique de l'Ouest. Il ressort de cette étude que certaines espèces ne se distinguent que par des différences minimes de structure au niveau des genitalia. Toutes les espèces du genre *Sesamia* ont des genitalia mâles assez complexes.

Les genitalia mâles de *Sesamia calamistis* Hampson possèdent un tégument avec un peniculus (P) bien développé. L'uncus (U) est petit et pointu ; les valves sont fortement sclérifiées avec un saccus et un cucullus (C) bien distincts ; le saccus porte une apophyse sclérifiée légèrement incurvée vers l'intérieur et recouverte de plusieurs rangées d'épines courtes et épaisses qui rejoignent parfois l'épine costale. L'épine costale est courte, étroite avec une petite dent subapicale, quelquefois presque bifide et parfois sans dent apicale chez les formes d'Afrique orientale, de Madagascar et de Maurice (APPERT et RANAIVOSOA, 1970). Le cucullus est allongé, non sclérifié et spatulé à l'extrémité. L'édéage (AE) est court, dilaté à la base, avec les lobes latéraux allongés, garnis de fines épines comme le dessus de la manica. La manica est dorsalement bossue. La visica a un cornutus (CR) apical aplati. Le vinculum (V) se caractérise par un fort développement de la partie ventrale. La juxta (J) est en forme de trapèze large (Fig. N° 4).

Les genitalia femelles comprennent une bourse copulatrice courte et arrondie ; la bourse du ductus est courte et large, l'ostium également large, les plaques latérales du segment ostial réduites et légèrement sclérifiées.

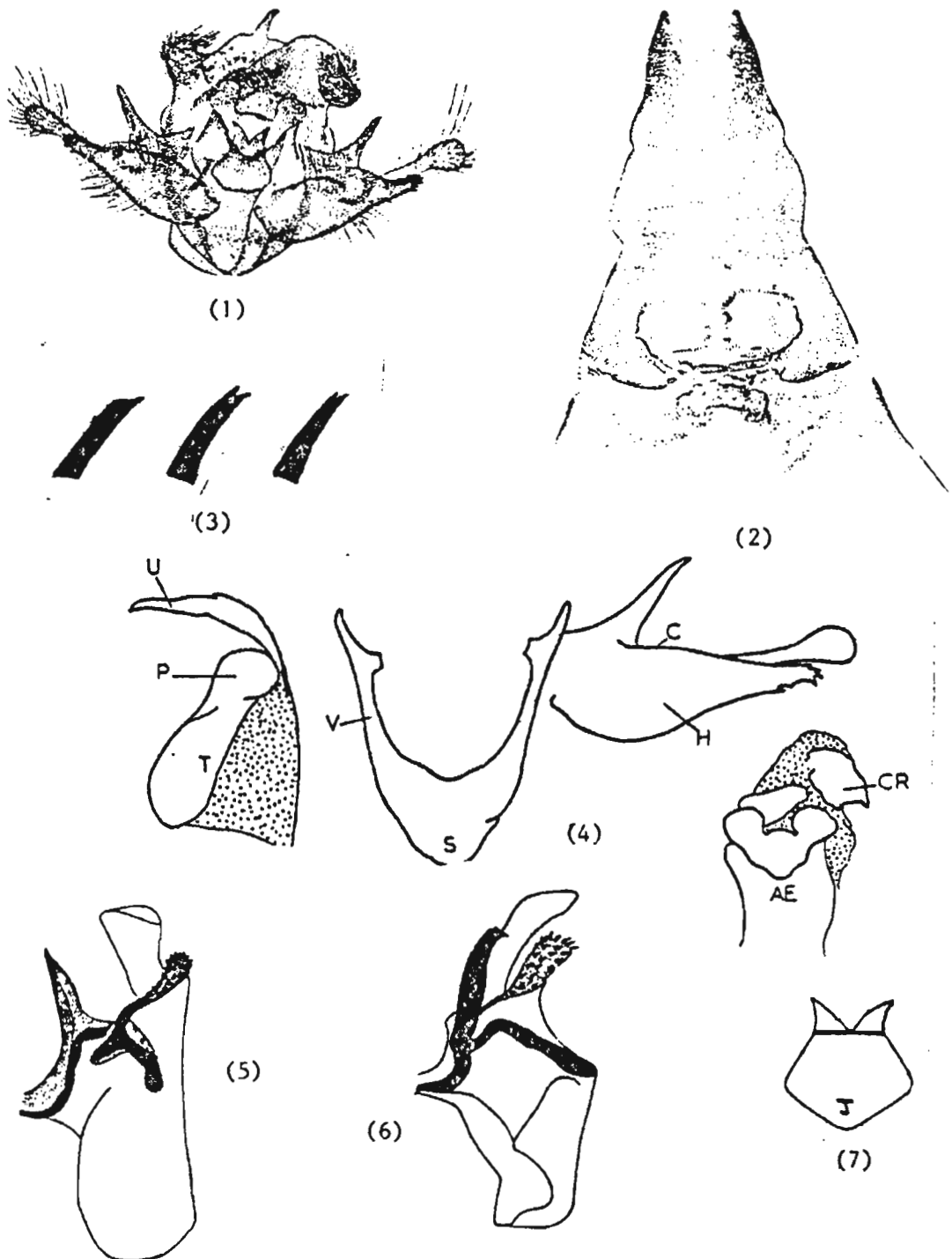


Fig. N°4 : (1) Genitalia mâle de *Sesamia calamistis* Hampson, d'après TAMS et BOWDEN, (2) Genitalia femelle de *Sesamia calamistis* Hampson, d'après TAMS et BOWDEN, (3) Variations dans l'épine costale de la valve, (4) Genitalia mâle de *Sesamia calamistis* Hampson, d'après JEPSON, W.F., (5) Valve, vue latéro-ventrale, (6) Valve, vue ventrale, (7) Juxta, vue ventrale.

### 1.5. BIOLOGIE DE *SESAMIA CALAMISTIS* HAMPSON.

La femelle de sésamie manifeste, en élevage, un net préférence de ponte pour les jeunes pieds de maïs. Cependant, dans la nature, il est difficile de trouver des pontes sur maïs. Il semblerait que le papillon préfère déposer ses oeufs sur des graminées à port touffu et bas dont les feuilles tendres sont aptes à nourrir les jeunes larves. Au fur et à mesure qu'elles se développent, les chenilles abandonnent leur première plante-hôte pour rechercher alentour d'autres végétaux plus en rapport avec leur taille et leurs besoins nutritifs. Ces migrations n'interviennent pas avant le quatrième stade (APPERT, 1971). Cet auteur a pu constater la présence de jeunes chenilles sur des touffes de *Pennisetum* sp. dont les rejets, petits et tendres, composent une masse touffue, couvrant le sol ; plus âgées, les chenilles migrent sur *Trypsacum* sp., dont les tiges, plus grosses et plus érigées, leur permettent de poursuivre et de terminer leur croissance. L'activité des adultes est crépusculaire. La femelle pond sur la plante-hôte entre la tige et les gaines foliaires qui l'enserrent étroitement. Grâce aux valves de l'ovipositeur, la femelle écarte légèrement la gaine et dépose ses oeufs sur la face interne de celle-ci. Ces oeufs, blanc-crème au moment de la ponte, sont déposés en deux ou trois rangées et sur une seule couche, formant une plaque plus ou moins importante, irrégulière, généralement allongée dans le sens de la tige.

Pour ce qui concerne le nombre des oeufs pondus par femelle, les principales indications que nous avons pu relever, sont :

- 300 d'après INGRAM (1958),
- 300, en moyenne, mais une femelle peut pondre jusqu'à 540 oeufs, d'après HARRIS (1962).

Le développement embryonnaire dure de 7 à 10 jours d'après BRENIERE (1977), 7 à 9 jours d'après INGRAM (1958), 6 à 7 jours d'après HARRIS (1962) et 5 jours d'après MOUTIA (1954), il s'agit, sans aucun doute, de différences liées au biotope.

L'éclosion débute au lever du jour et se poursuit toute la matinée. Les jeunes larves s'amassent en colonies, au milieu d'un enchevêtrement de fils que chacune secrète dès sa sortie du chorion.

Elles demeurent ainsi groupées derrière la gaine de la feuille, à l'emplacement de la ponte, jusqu'en fin de journée.

Au cours du premier jour de leur existence, les chenilles commencent à s'alimenter en rongant superficiellement, aussi bien la face interne de la gaine, que la tige. Le lendemain, le grégarisme cesse progressivement de se manifester : certains individus commencent à se diriger vers le sommet de la plante et s'installent dans le cornet, tandis que d'autres disparaissent derrière la gaine de la feuille et pénètrent dans la tige par un orifice qu'elles forent et d'où sort de la sciure qui, pratiquement, l'obstrue.

ANGLADE (1972), chez une espèce voisine, *Sesamia nonagrioides* Lef., note que les néonates se nourrissent d'abord de la gaine foliaire puis peuvent se comporter de deux façons différentes :

- les chenilles cheminent sous la gaine, vers le noeud supérieur, percent la base de la gaine supérieure et s'installent dans la zone de contact étroit entre la gaine et la tige ; elles décortiquent alors la gaine de façon annulaire.

- si elles rencontrent une ébauche d'épis, les chenilles peuvent aussi y pénétrer.

En général, les larves issues de la même ponte passent par le même trou d'entrée, dans la tige ; on les trouve, entassées, plus ou moins engagées dans la moelle, à côté de cette ouverture.

MOUTIA (1954) a constaté, à l'Ile Maurice, que, au bout de 15 à 25 jours, selon la température, les chenilles émigrent des herbes qui les ont hébergées jusque là vers les tiges des jeunes plants de canne à sucre. Elles quittent ces dernières après 15 à 18 jours, dès que débute la flétrissure du coeur de la plante, ou "dead heart" pour s'attaquer

de nouveau à d'autres tiges. Généralement, entre le 3ème et le 7ème stade larvaire, une chenille peut s'attaquer au moins à trois tiges de canne.

A la fin du développement larvaire, les chenilles cessent de s'alimenter et choisissent un endroit sec pour s'y nymphoser après avoir aménagé une logette, à proximité du trou d'entrée.

La durée des stades larvaires est de 4 à 5 semaines d'après BRENIERE (1977) ; APPERT (1967), 30 à 50 jours d'après HARRIS (1962), 48 à 76 jours d'après MOUTIA (1954) et 27 à 36 jours d'après INGRAM (1958).

Le nombre de stades larvaires est de 7 d'après MOUTIA (1954) et APPERT et RANAIVOSOA (1970), et 6 d'après INGRAM (1958).

La durée du stade nymphale est de 7 à 13 jours d'après HARRIS (1962), 10 à 12 jours d'après APPERT (1967) et INGRAM (1958), 10 à 14 jours d'après BRENIERE (1977) et 12 à 16 jours d'après MOUTIA (1954).

D'après INGRAM (1958), le mâle meurt dans les 24 heures qui suivent l'éclosion alors que la femelle vit en moyenne 3 à 4 jours. Pour BRENIERE (1977), par contre, la longévité moyenne des adultes est de 4 à 5 jours, aussi bien pour le mâle que pour la femelle.

En pays tropicaux, sous climat humide, le cycle évolutif de *Sesamia calamistis* est pratiquement ininterrompu et pourrait comprendre 5 ou 6 générations (BRENIERE, 1977).

Par contre, la sécheresse et le refroidissement peuvent entraîner des retards de développement d'autant plus importants que ces facteurs défavorables sont accusés.

Les chenilles âgées se mettent en état de quiescence au début de la saison sèche en attendant le retour des pluies ou la remontée de la température, mais cette situation n'est possible que si la plante-hôte est elle-même desséchée (cas du maïs, sorgho, riz). La canne à sucre, qui garde toujours une bonne turgescence, permet, sous les

climats tropicaux, le maintien en activité des populations hivernantes.

## 1.6. DEGATS.

APPERT et RANAIVOSOA (1970) ont procédé à des infestations artificielles sur diverses plantes à différents stades végétatifs ; ils ont ainsi pu préciser les conséquences des diverses périodes d'attaques.

### 1.6.1. SUR MAÏS.

- |                                                                                                  |                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - Attaques précoces sur jeunes pieds de 15 à 50 centimètres de haut.                             | - Dépérissement total et rapide.                                                                                                  |
| - Attaques sur des plants de 1 mètre jusqu'au stade précédant la sortie de l'inflorescence mâle. | - Dépérissement en cas de surpopulations.                                                                                         |
| - Attaques tardives sur plants en cours de fructification.                                       | - Dommages peu apparents si l'infestation est modérée et le maïs en bon état végétatif.                                           |
|                                                                                                  | - Développement normal si les inflorescences mâles et les épis ne sont pas touchés.                                               |
|                                                                                                  | - Avortement des grains si la hampe florale est coupée avant la déhiscence des anthères ou si les épis sont attaqués précocement. |
|                                                                                                  | - Perte des épis directement attaqués.                                                                                            |

### 1.6.2. SUR RIZ.

Le riz n'est pas réceptif aux larves de *Sesamia* pendant la période de tallage.

- |                                                  |                                                                           |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| - Attaques au stade montaison                    | - Mort des plants par dessèchement des feuilles.                          |
| - Attaques durant la période épiaison-floraison. | - Perte plus ou moins totale par production d'épis blancs, "white heads". |
| - Attaques tardives                              | - Section de la hampe de l'épi: perte totale.                             |

### 1.6.3. SUR CANNE A SUCRE.

La chenille s'attaque surtout aux jeunes plantations et plus particulièrement aux rejets lorsque ceux-ci atteignent 20 cm. Au-dessus de 30 cm les attaques deviennent plus rares, car la larve préfère les tissus tendres. Les dégâts se manifestent par le dessèchement de la feuille centrale du rejet, entraînant la mort de celui-ci.

### 1.7. MOYENS DE LUTTE.

Les dégâts provoqués par les foreurs du maïs en Côte d'Ivoire et particulièrement *Sesamia calamistis* sont comparables à ceux provoqués par la pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis* en Europe, décrits par GUENNELON (1964) qui montre bien l'importance économique de ces foreurs.

Les infestations peuvent être parfois importantes et contribuent directement ou indirectement à une baisse de rendement : l'affaiblissement de la plante, en entravant la montée de la sève, affecte le remplissage des grains, entraînant ainsi une diminution de la qualité marchande de la céréale.

Les galeries pratiquées dans la tige ou dans le pédoncule de l'épi, peuvent provoquer la chute de ces derniers ; c'est un phénomène courant dans les régions à vents violents (GUENNELON, 1972) ou avec orages et tornades, comme en Afrique.

Dans la plupart des cas, le petit agriculteur n'intervient pas contre les insectes sans aide extérieure, ceci est encore plus vrai dans le cas des larves endophytes contre lesquelles la lutte est difficile et nécessite la mise au point d'un programme d'interventions basées sur une bonne connaissance de l'écologie et de la biologie des ravageurs.

### 1.7.1. LUTTE CHIMIQUE.

En règle générale, la réussite de la lutte chimique exige la connaissance précise de la biologie du ravageur dans une région donnée (par exemple, il est nécessaire de déterminer le nombre de générations de l'insecte et le déroulement de chacune de ces générations ; il est également indispensable de savoir si l'insecte subit une diapause, et à quel état). L'examen du comportement de chacun des stades de l'insecte en fonction de la phénologie de la plante-hôte et l'étude des rapports entre la plante et l'insecte sont essentiels pour déterminer dans quelle mesure ces stades peuvent être vulnérables à des traitements insecticides. Enfin, le niveau de population, qui correspond à un certain degré d'infestation des plantes, ne doit pas dépasser le seuil économique. Le degré d'attaque est en effet très variable d'une culture à l'autre et d'une année à l'autre, en raison de nombreux facteurs parmi lesquels les plus importants sont : le climat, le parasitisme et les conditions culturales.

En outre, il faut procéder à ces traitements insecticides en évitant d'une part tout gaspillage et, d'autre part, en respectant les règles de sécurité afin d'éviter tout risque d'intoxication pour l'opérateur et le consommateur et sans mettre trop en danger les équilibres biologiques (sol, eau, faune utile...)

Les observations du comportement de *Sesamia calamistis* Hampson, de l'éclosion à la nymphose, montrent que le moment où les larves peuvent être vulnérables à des traitements insecticides se situe entre l'éclosion de l'oeuf et la pénétration dans la tige (APPERT, 1971).

APPERT et RANAIVOSOA (1970) ont montré que, sur le maïs, par suite de son mode de vie endophyte, le ravageur ne peut se trouver au contact du toxique que durant de brèves périodes de son existence : au moment de la ponte, lors de l'éclosion des jeunes larves et quand les chenilles sortent de la tige pour migrer.

BRENIERE (1977) montre qu'il faut diriger la lutte insecticide d'une manière précoce, avant que les chenilles aient pénétré en profond. Cet auteur (1966) a montré que les traitements insecticides doivent être effectués au début de l'infestation et qu'il importe donc de pouvoir en réaliser la prévision. Cette infestation est sous la dépendance de facteurs limitants ou favorisants très complexes, liés étroitement aux variations du milieu végétal et donc du climat et des interventions humaines. Pour parvenir à une estimation "utile" du seuil économique, il faudrait pouvoir établir une relation entre les comptages de ponte ou les piégeages lumineux d'adultes et les pertes de rendement. Ceci nécessite de longues années d'étude et une excellente organisation des structures paysannes. Enfin, les traitements doivent être renouvelés tous les huit jours pendant toute la période où les pontes sont déposées en abondance et souvent jusqu'à l'épiaison ce qui peut nécessiter jusqu'à huit répétitions. Etant donné que les adultes de *S. caalamistis* ont une activité crépusculaire et sont attirés par la lumière, le piégeage lumineux, sans doute insuffisant comme moyen de lutte, est par contre, intéressant pour suivre la dynamique des populations ce qui peut permettre de réduire le nombre de traitements voire même d'annuler, dans certains cas, les traitements préventifs.

APPERT (1967) montre que l'époque du traitement a une importance capitale. Il n'est pas souhaitable de la calculer en fonction de la date de semis ou de la germination car les aléas climatiques rendent imprécis les chiffres obtenus à partir de ces données. Il est préférable de se baser sur la date de ponte puisque la durée du stade oeuf est connue.

Le mieux est de traiter avec un insecticide persistant depuis le début des éclosions et durant tout le temps de l'infestation. Si celle-ci est continue et se prolonge au-delà de la rémanence du produit, plusieurs interventions sont à prévoir à condition qu'elles s'avèrent rentables.

Les insecticides organo-chlorés (DDT-HCH-Dieldrine) ont donné des résultats satisfaisants mais la plupart de ces produits sont exclus actuellement du marché à cause de leur toxicité importante et du danger qu'ils présentent pour les consommateurs et pour l'environnement. L'épandage massif par des moyens mécaniques (pulvérisation ou poudrage) est peu précis, moins efficace et en définitive nettement moins économique que les traitements par dépôt à la main d'une pincée d'insecticide sous forme de microgranulés dans le cornet foliaire ou au niveau du sol ; cette méthode présente en outre l'avantage d'assurer un effet rémanent très supérieur (APPERT, 1967).

Une seule application par ce procédé, pratique et d'une efficacité reconnue, suffit souvent (APPERT et al. 1970, HOJILLER, 1958, in litt.).

Cette technique d'application permet ainsi de lutter non seulement contre les larves nouveau-nées, mais aussi contre les chenilles ayant commencé à se développer dans la tige, à condition que le produit utilisé ait des propriétés systématiques.

Les insecticides systématiques (ou endothérapiques) résolvent donc en grande partie les difficultés que présente la lutte contre les larves endophytes, c'est la raison pour laquelle ils sont considérés actuellement comme les mieux adaptés pour le contrôle de ces insectes.

Plusieurs insecticides ont été testés avec succès contre les foyers du genre *Sesamia*. CAFESCHE et BRENIERE (1962) conseillent, sur canne à sucre, des traitements à l'Endrin qui agit par ingestion et contact, en pulvérisation tous les quinze à vingt jours, suivant la rapidité de la végétation. La dose d'Endrin à prévoir s'échelonne de 400 à 600 g de m.a. par ha, selon le stade de la végétation. La pulvérisation doit être uniquement dirigée sur la ligne de cannes.

ADEYEMI et al. (1966), sur maïs, montrent que l'Endrin donne de bons résultats contre les foreurs des tiges au Nigéria (*Sesamia calamistis*, *Busseola fusca* et *Eldana saccharina*). D'autre part, ces auteurs obtiennent des résultats satisfaisants avec deux pulvérisations de Carbaryl, 10 à 14 jours et 20 à 24 jours après la germination du maïs.

INGRAM (1958) obtient un contrôle partiel de *Sesamia* et une récolte moyenne, par un traitement chimique hebdomadaire.

LESPEL, au Maroc (in ANGLADE, 1972), signale que des applications de Roténone ou de Dieldrine, sur maïs et sorgho, pour lutter contre les larves de *Sesamia nonagrioides*, donnent dans certains cas des résultats relativement efficaces ; trois traitements effectués pendant la période où la population imaginaire est la plus nombreuse ont entraîné une augmentation de récolte de 30%.

APPERT (1967) conseille, à nouveau, contre ce ravageur, sur canne à sucre, l'Endrin à raison de 400 à 600 g de m.a/ha tous les 15 jours. Par ailleurs, cet auteur indique que l'emploi du Carbaryl en pulvérisations, à raison de 1000 à 2500 g de m.a/ha, selon l'importance du développement foliaire, donne de bons résultats, de même que le Trichlorfon, sous forme de granulés, appliqué à raison de 7,5 kg/ha à 25% de m.a.

HEERDEN (1967, in PINO, 1980) estime que l'Endosulfan, avec 227 g de m.a. pour 455 litres d'eau, par hectare, est le meilleur des insecticides qu'il ait testé contre *Sesamia calamistis*. Cet insecticide assure un bon contrôle s'il est appliqué deux et quatre semaines après la levée, avec un troisième traitement à l'épiaison, et un quatrième 10 à 14 jours après.

Le Monocrotophos, qui a une action systémique mais qui agit également par contact, est utilisable lorsque les précautions relatives à sa toxicité élevée peuvent être prises (DL<sub>50</sub> pour le rat, par ingestion : 8 à 23 mg/kg).

La mise en place d'essais de traitements insecticides et la recherche de moyens pratiques d'avertissement (piégeage lumineux et comptages de pontes) ont permis la mise au point de moyens de lutte efficace contre les ennemis du riz. Parmi les principaux résultats pratiques qui ressortent de cet ensemble d'études (BRENIERE et LACOSTE, 1962 ; BRENIERE et RODRIGUEZ, 1963 et BRENIERE, 1963) on peut relever la classification suivante, de divers produits, en fonction de leur efficacité contre les insectes foreurs des tiges :

- Carbaryl, Azinphos-ethyl, Fenthion, Endrin : très actifs ;
- Diazinon, Dimethoate, Endosulfan, Oxydemeton-methyl : médiocres ;
- Trichlorfon, DDT : pratiquement inefficaces.

Enfin, APPERT et RANAIVOSA (1970) montrent que le Diazinon et l'Endosulfan donnent de bons résultats en application sous forme de microgranulés dans le cornet foliaire. En riziculture irriguée, à condition que l'on possède la maîtrise de l'eau et qu'il soit possible de drainer ou de ramener la hauteur d'eau à moins de 5 centimètres, le meilleur procédé de lutte consiste à épandre, dans l'eau, de l'insecticide en granulés. Le Lindane, qui donne satisfaction contre le borer blanc, *Malicarpa separatella*, est inefficace contre *Sesamia*, aussi lui préfère-t-on le Diazinon à la dose de 3 kg de matière active à l'hectare (rémanence, trois à quatre semaines). L'Endrin est formellement déconseillé en riziculture traditionnelle paysanne, en raison de la persistance de ce produit et de sa forte toxicité rendant l'eau de la rizière parfaitement abiotique.

#### 1.7.2. LUTTE BIOLOGIQUE.

Comme beaucoup d'insectes, les sésamies ont leurs parasites naturels appartenant surtout aux deux ordres des *Hyménoptères* et des *Diptères*.

JEPSON (1954) indique qu'en Afrique, il y a habituellement dans chaque territoire, dans le complexe parasitaire un parasite principal : un Braconide en Afrique du Sud, un Tachinide en Rhodésie, un

Scelionide parasite d'oeufs au Soudan...

De même, INGRAM (1958) estime que *Pediobius furvus*, (Hymenoptera, Eulophidae) est la principale des espèces parasites des foreurs de tige en Uganda.

JERATH (1968) indique que le Tachinide, *Descampsina sesamiae*, est le principal parasite des foreurs de canne à sucre au Nigéria, dans l'état de Bacita, situé dans la zone de savane guinéenne. Il représente entre 73 et 84% du total des parasites récoltés sur ces ravageurs. Cet auteur dresse une liste de 12 espèces de parasites (Diptères et Hyménoptères), obtenus des larves et chrysalides des foreurs de tige de canne à sucre au Nigéria.

RISBEC (1960), pour le Sénégal et le Mali, HARRIS (1962), pour le Nigéria, ont identifié beaucoup de parasites naturels des déprédateurs dumaïs en Afrique occidentale, mais ceux-ci n'ont encore fait l'objet d'aucune opération de lutte biologique.

Par contre, à l'Ile Maurice et à Madagascar, *Sesamia calamistis* a fait l'objet de plusieurs programmes de lutte biologique sur canne à sucre. Ainsi, *Xanthopimpla sternator* (Hymenoptera, Ichneumonidae) a été introduit de Ceylan à Maurice par MOUTIA, en 1952.

A Madagascar, *Apanteles sesamiae* (Hymenoptera, Braconidae) a été introduit, à trois reprises, d'abord en 1955, puis en 1968 et 1969, mais chaque fois sans succès. *Pediobius furvus*, importé de Kampala en Mars 1968, s'y est par contre parfaitement acclimaté puisque deux ans après son introduction APPERT et al. (1969) notent que, sur les plateaux malgaches, il entraîne une diminution très sensible des populations de *S. calamistis* encore qu'il faudrait évidemment démontrer que cette baisse n'est pas liée à d'autres facteurs ce qui est toujours le grand problème écologique de ces modes de lutte.

Sur l'ensemble du continent africain, il n'y a pas eu d'introductions d'entomophages parasites de *S. calamistis*.

En Côte d'Ivoire, et dans la plupart des pays où vit *S. calamistis*, il existe une période pluvieuse et une période sèche. La saison sèche permettrait l'élevage au laboratoire et l'accumulation des parasites jusqu'à la période d'activité maximale du ravageur déterminée à partir de la connaissance précise de la date de ponte, les lâchers de parasites s'effectuant alors, pendant la saison des pluies (in BINSO, 1980).

Aucun microorganisme pathogène n'a été expérimenté sur *Sesamia* sp. Des larves de foreurs de tiges du maïs mortes de viroses ou autres maladies ont été confiées au laboratoire de pathologie des insectes de l'I.R.C.T. à Bouaké et pourront peut être servir dans la lutte micro-biologique contre ces ravageurs (BINSO, 1980).

Par contre, ANGLADE (1972) indique que des maladies affectent gravement les populations hivernantes de *Sesamia nonagrioides*, en France. De nombreux germes pathogènes, isolés de chenilles provenant du Sud-Ouest, figurent dans la collection de C. VAGO à la Station de Recherches Cytopathologiques de Saint-Christol les Alès. En particulier, on y trouve la bactérie *Bacterium paracoli* et les champignons *Fusarium moniliiforme* (Scheld) et *F. roseum* (Link) qui sont les formes conidiennes des agents des pourritures des tiges du maïs : *Gibberella zeae* et *G. fujikuroi*. On y trouve également un *Beauveria* qui se développe sur les chenilles hivernantes.

### 1.7.3. METHODES CULTURALES ET SELECTION DE VARIETES RESISTANTES.

Lorsque l'état végétatif d'une culture vivrière laisse à désirer (comme c'est souvent le cas en culture paysanne africaine, la plante croissant sur un sol épuisé et non fumé), les pertes provoquées par les foreurs sont beaucoup plus sensibles, le végétal n'ayant pas la vigueur nécessaire pour pallier les conséquences de la présence de l'insecte sur sa fructification. Une culture saine issue de semences sélectionnées, bien fumée et bien arrosée, est moins vulnérable et mieux à même de compenser les dommages des insectes. De même, l'élimination des graminées sauvages dans les champs est une mesure susceptible d'en-

traver l'infestation de la culture par les foreurs.

En matière de protection de la canne à sucre, le maïs a été souvent utilisé comme plante piège, à La Réunion et à Maurice, en interligne dans les champs de cannes (BRENIERE, 1977).

NEPVEU et AUDEMARD (1953) ont souvent observé, sur le maïs, qu'après une irrigation sérieuse, les chenilles de sésamies sont chassées vers l'extérieur, noyées dans une formation mucilagineuse claire, secrétée par la plante et emplissant les galeries. Elles sont alors à la merci de toutes les destructions possibles : insecticides, parasites, Oiseaux, Rongeurs. La destruction des sésamies endophytes par l'irrigation, suivie d'un traitement insecticide, pourrait donc être envisagée puisque les larves sont plus nombreuses dans les tiges que dans les épis, après floraison.

La plupart des foreurs possèdent un large éventail de plantes hôtes. La connaissance de ces hôtes intermédiaires permet rarement d'envisager une lutte préventive efficace basée sur leur seule destruction, mais bien qu'il soit difficile d'influer sur les peuplements de ces végétaux dont l'influence domine souvent le milieu agricole africain (BRENIERE, 1971), l'étude écologique des foreurs hors des végétaux cultivés peut à la fois expliquer le dynamisme de leurs populations et constituer la base de la recherche de leurs parasites naturels, tant des entomopathogènes que des entomophages.

Les chenilles de foreurs, poursuivant leur développement dans les tiges après la récolte du maïs, celles-ci constituent ainsi un réservoir de ravageurs pour les cultures suivantes. La destruction de ces tiges desséchées permettrait donc de réduire les populations de l'insecte. Cette opération serait à faire surtout pendant la petite saison sèche. Les pieds de maïs doivent être détruits immédiatement après la récolte, les débris de pieds et les chaumes étant enfouis profondément ou brûlés. Cette méthode de destruction suivie de l'enfouissement des chaumes et des fragments de tiges après la récolte a toujours été préconisée pour la lutte contre les foreurs de tiges, en général.

ANGLADE (1972) note que l'incinération des tiges a été longtemps préconisée et même rendue obligatoire dans certaines régions (Landes, Italie).

Dans le cas précis de *Sesamia calamistis*, en Afrique, les méthodes restent semblables. Plusieurs auteurs, MOUTIA (1934), INGRAM (1958), HARRIS (1962) et USUA (1966) ont établi que la destruction régulière des résidus de céréales, des plantes spontanées, de toutes les graminées servant de plantes-hôtes secondaires dans la surface cultivée ou aux alentours, réduirait les attaques des foreurs au début de la saison de culture.

La sélection de variétés résistantes aux foreurs, en Afrique, n'entre pas, à ce titre, dans les préoccupations des généticiens. Ceux-ci s'attachent d'abord à l'obtention d'un matériel végétal à potentiel de rendement élevé. On sait cependant que des différences très nettes de sensibilité aux attaques des foreurs existent entre variétés de canne à sucre en fonction de certaines qualités variétales, notamment la rapidité de croissance et la capacité de tallage.

HARRIS (in BRENIERE, 1971) observe que les variétés de maïs hautement productives, introduites au Nigéria, semblent plus sensibles aux attaques de foreurs que les variétés locales. De même, les sorghos nains à tiges fines, dérivés des sorghos américains, sont plus sensibles que les variétés locales à tiges épaisses et de grande taille. Il en est de même en matière de riz ; en 1969, BRENIERE a observé sur riz de plateaux, au Sénégal, de fortes différences entre la sensibilité des diverses variétés à l'égard de *Chilo zacconius* ; ici encore les variétés introduites sont souvent les plus sensibles.

Cependant, des recherches sur la résistance du maïs et du sorgho à la sésamie, sont en cours actuellement dans divers pays (ANGLADE, 1972). Elles ont pour but, d'une part, d'éviter l'introduction de variétés plus sensibles ou plus favorables à l'insecte que les variétés actuelles et, d'autre part, de sélectionner un matériel

végétal possédant des caractères de résistance ou d'"antibiosis" à l'égard de la sésamie.

Des méthodes de tests de lignées ont été définies et utilisées dans les programmes de sélection (ANGLADE, MONTEAGUDO, 1962).

## 2. CHAPITRE II

ELEVAGE DE *SESAMIA CALAMISTIS* HAMPSON

Notre recherche a eu pour objectif la mise au point d'une méthode d'élevage permettant la réalisation du cycle complet de l'oeuf à l'adulte pendant plusieurs générations successives, de manière à assurer une production importante d'insectes, dans les conditions de notre laboratoire.

Les premiers essais d'élevage de *S. calamistis*, menés au laboratoire d'Entomologie Agricole des S.S.C.-Bondy, à partir de 1978, avaient montré que l'utilisation d'un milieu artificiel pour la nourriture des chenilles ne semblait possible qu'à partir d'un certain stade du développement larvaire, (début du 3ème stade, DIEME, 1978 ; AL SALTI, 1978 et 1979). D'après ces travaux, il semblait donc que le premier problème à résoudre, pour obtenir une véritable production de masse, était la mise au point d'une technique d'élevage des chenilles néonates sur milieu artificiel.

Nous avons bénéficié pour cette recherche des mises au point déjà réalisées, surtout pour ce qui concerne les lépidoptères phytophages et leurs besoins nutritionnels. Les tentatives de mise au point d'un milieu d'élevage pour les lépidoptères remontent en effet à 1942, aux U.S.A., avec les travaux de BOTTGER, suivis de ceux de BECK en 1950 et de VANDERZANT et al. en 1962. Ce dernier a précisé le rôle des divers constituants nutritionnels (acides aminés, glucides, acides gras, sels minéraux et vitamines).

Cette technique d'élevage s'est par la suite généralisée et, depuis une quinzaine d'années, les travaux portant sur les besoins nutritionnels des lépidoptères et sur la mise au point de milieux synthétiques ou semi-synthétiques se sont multipliés : CHAUGHANI et AD-KISSON (1965), SHOREY et HALE (1965), GUENNELON (1967), GUENNELON (1968), CHATTERJI et al. (1969), SENDER (1969), POITOUT et BUES (1970), RAMANAKASINA (1970), GUENNELON, D'ARCIER et AUDEMARD (1970), POITOUT, BUES et LE RUMEUR (1972), RIDET (1972), QURESHI et al. (1972), CAVALLO-RO et al. (1972), GUENNELON et SORIA (1973), POITOUT et BUES (1974), MOREAU et GAHUKAR (1975), GAHUKAR (1976), BOUNIAS et BONNOT (1977), BORDAT, BRENIERE et COQUARD (1977), PRITAM SINGH (1977), GOUJET et GUILBOT (1979).

## 2.1 MATERIEL ET METHODES.

Les souches de *Sesamia calamistis* ont été récoltées dans la région de Bouaké (zone de savanes), en Côte d'Ivoire. Elles sont arrivées au laboratoire d'Entomologie Agricole des Services Scientifiques Centraux de l'O.R.S.T.O.M. à Bondy soit au stade larvaire, soit au stade nymphal. La première souche fut reçue au mois d'Août 1978, la deuxième au mois de Juillet 1979 et la troisième au mois d'Octobre 1979. Les prélèvements dans la nature, ainsi que l'acheminement des insectes, ont été effectués par les soins de l'O.R.S.T.O.M. <sup>(1)</sup>

Nous avons examiné des préparations de genitalia ♂ et ♀ en faisant référence à la révision de TAMS et BOWDEN (1953) ; on peut admettre qu'il s'agit bien de *Sesamia calamistis* Hampson <sup>(2)</sup>.

(1). Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer. Nous remercions M. COCHEREAU qui a bien voulu nous procurer des souches de ces insectes.

(2). Nous adressons nos remerciements au Dr. I.W.B. NYE, du Muséum de Londres (British Museum Natural History), qui a bien voulu nous confirmer cette détermination.

### 2.1.1. ELEVAGE DES LARVES ET INCUBATION DES OEUFS.

Le milieu utilisé est de composition relativement simple. Il s'agit de la formule que POITOUT et BUES (1970) ont déjà employée pour huit autres espèces de Noctuelles. La seule modification apportée fut l'addition de chlorhydrate de chlortétracycline qui améliore la conservation du milieu et donne une plus grande sécurité aux élevages. IGNOFFO (1963) a montré que la quantité d'auréomycine ajoutée au milieu (qu'il a mis au point pour *Trichoplusia ni.*) ne doit pas dépasser 0,03%. Le développement larvaire est ralenti au-dessus de cette dose et la mue ne se fait plus à partir de 0,1%. Cet auteur conseille d'ajouter une faible quantité d'auréomycine, car la richesse du milieu en germe de blé le rend plus sensible au développement des microorganismes.

Nous avons donc ajouté le chlorhydrate de chlortétracycline à la dose de 0,01%.

La fabrication et la conservation de l'aliment artificiel sont par contre inchangées, on en trouvera tous les détails dans les travaux de POITOUT et BUES (1970).

La formulation du milieu semi-synthétique utilisé est donc la suivante :

| Constituants                                  | Poids en g.<br>pour<br>une dose | Proportions<br>des consti-<br>tuants % |
|-----------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|
| Eau distillée.....                            | 170                             | 77,63                                  |
| Agar-agar.....                                | 5,00                            | 2,28                                   |
| Semoule de maïs.....                          | 28,00                           | 12,79                                  |
| Germe de blé.....                             | 7,00                            | 3,20                                   |
| Levure de bière (sèche, en poudre).....       | 7,50                            | 3,43                                   |
| Acide ascorbique L. (+).....                  | 1,00                            | 0,46                                   |
| Acide benzoïque.....                          | 0,25                            | 0,11                                   |
| Nipagine (Méthyl para-hydroxy-benzoate)...    | 0,20                            | 0,09                                   |
| Chlorhydrate de chlortétracycline (Spécia)... | 0,03                            | 0,01                                   |

L'élevage des larves est conduit dans une étuve où la température est de  $26^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , et l'humidité relative de 68 à 72%. L'éclairage quotidien comporte 12 heures de lumière artificielle avec 220 lux et

12 heures d'obscurité (Fig.5). Les larves sont élevées soit isolément, soit en groupe pendant les quatre premiers stades larvaires puisque, durant les quatre premiers stades, les chenilles s'attaquent généralement peu les unes les autres. Par contre, on constate un phénomène de cannibalisme chez les larves âgées, les chenilles en prénymphe et les nymphes nouvellement formées étant fréquemment attaquées par leurs congénères. Nous n'avons observé aucun cas de cannibalisme, dans les boîtes où les chenilles étaient de même âge. Il est donc souhaitable, en élevage, de mettre, dans de mêmes boîtes, des chenilles de même âge.

POITOUT et BUES (1974) ont dû procéder à des élevages individuels en récipients indépendants pour *Earias insulana* BOIDS et *Sesamia nonagrioides* Lef. en raison du comportement des chenilles qui pratiquent le cannibalisme.

L'élevage en groupe est conduit dans des boîtes cylindriques, en matière plastique, de 8 cm de diamètre et 5 cm de hauteur, avec une épaisseur de 1,5 cm environ de milieu artificiel. Avant leur installation sur le milieu, les oeufs sont immergés pendant 3 minutes dans une solution aqueuse à 2,5% d'hypochlorite de sodium (18° chlorométriques), puis rincés à l'eau distillée pendant deux fois deux minutes. Les pontes sont ensuite égouttées sur papier filtre, puis disposées dans des boîtes de Pétri afin d'y achever leur développement embryonnaire (6-7 jours). Un tampon de coton humide assure dans ces boîtes une humidité relative élevée, égale ou supérieure à 80%, la température étant de l'ordre de 26°C. Afin de maintenir ces conditions aussi constantes que possible, il faut éviter d'ouvrir les boîtes de Pétri pendant l'incubation des oeufs (Fig.6).

Peu avant l'éclosion, au moment de l'apparition des capsules céphaliques noires (5 jours après la ponte), les oeufs sont disposés sur la surface du milieu, préalablement strié, au moyen d'un pinceau désinfecté.



Fig.5 : Elevage des larves de *Sesamia calamistis* sur milieu artificiel, dans une étuve à une température de  $26^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$  et à une humidité relative de 68 à 72%.

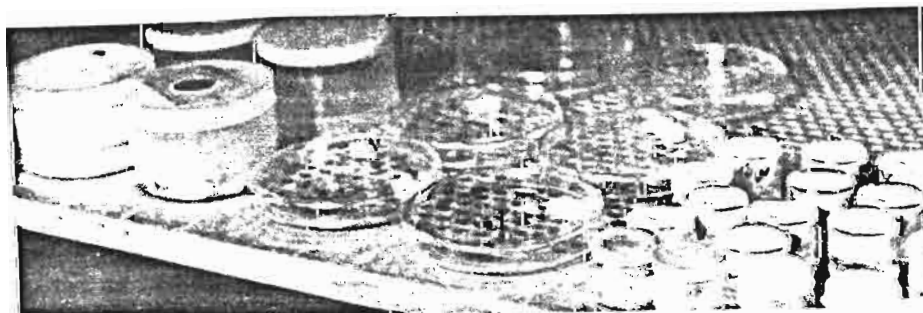


Fig.6 : Pontes de *Sesamia calamistis* disposées dans des boîtes de Pétri, avec un tampon de coton, pour achever leur développement embryonnaire.

De coloration jaune pâle au moment de la ponte, les oeufs se colorent en rose à l'approche de l'éclosion, avec apparition des capsules céphaliques noires. Ce changement de coloration intervient environ quarante huit heures après la ponte. Toutes les chenilles issues d'une même ponte éclosent presque simultanément, les oeufs non fécondés sont reconnaissables à leur teinte claire et homogène ; ils se dessèchent d'ailleurs généralement très rapidement. Les larves nouveau-nées se déplacent beaucoup durant les premières heures de leur vie en montant vers le bord des couvercles, manifestant une sorte de géotropisme négatif. Le foreur rose attaque tous les organes du maïs à l'exception des racines (APPERT, 1971) et la très jeune chenille ne manifeste aucune tendance à pénétrer dans le milieu par une galerie descendante. Nous avons donc eu l'idée, durant les premières vingt-quatre heures de la vie larvaire de disposer les boîtes d'élevage à l'envers, milieu nutritiel en haut, donc, afin de permettre à la jeune chenille d'y pénétrer par une galerie montante. L'installation des chenilles dans le milieu se trouve ainsi considérablement facilitée. Les boîtes d'élevage sont ensuite retournées, et fermées par un couvercle percé d'orifices grillagés à mailles de 0,105 mm, pendant les deux premiers stades larvaires ; puis à mailles de 0,525 mm, 10 à 12 jours plus tard, afin d'éviter la fuite des chenilles tout en leur assurant une aération suffisante. Les élevages individuels sont conduits dans des piluliers de 2,8 cm de diamètre et 3 cm de hauteur, avec une épaisseur de 1 cm environ de milieu artificiel, le couvercle étant percé et muni d'un grillage fin. Ce grillage doit déborder l'orifice du pilulier pour éviter que les chenilles âgées de *Sesamias calamistis*, très actives et manifestant un géotropisme négatif, ne parviennent à s'échapper en creusant des trous dans le couvercle de plastique. GUENNELON et SORIA (1973) ont observé un phénomène analogue chez *Chilo suppressalis* Walker.

Les piluliers utilisés, facilement lavables, permettent d'élever les chenilles jusqu'à la nymphose. 48 piluliers peuvent être placés dans des cadres en plastique rigide de 26 x 19 cm, ce qui permet donc une manipulation aisée d'un grand nombre de piluliers à la fois.

Quand le milieu, de couleur jaune à l'origine, est devenu brun, signe d'oxydation et peut-être de dégradation pouvant avoir des conséquences sur la valeur nutritive (POITOUT et al. 1972), les chenilles sont transférées sur un milieu frais, ceci 2 à 3 fois pendant la durée du développement larvaire.

L'avantage de cette méthode est que l'on favorise la pénétration rapide des larves nouveau-nées dans le milieu, tout en évitant leur fuite. En outre cette méthode, en supprimant les risques de blessure lors du transfert des chenilles nouveau-nées dans le milieu artificiel, permet de maintenir un taux de mortalité larvaire très bas. En général, les échecs de l'élevage des larves néotanes sur milieu artificiel, sont dus, non à leur répugnance pour ce milieu mais au traumatisme du transfert. Notre méthode qui consiste à déposer les pontes sur le milieu a fait cesser cet handicap. Mais les inconvénients sont, d'une part, que l'installation des oeufs dans l'élevage individuel exige beaucoup de temps, d'autre part, que l'élevage doit être surveillé de très près pendant le premier stade larvaire pour éviter les risques de condensation de l'eau. Pour éviter cela, les récipients d'élevage sont disposés à l'envers et sans couvercle au-dessus d'un papier filtre afin de permettre l'évaporation de l'eau libre de surface, pendant 12 heures, avant l'installation des oeufs.

#### 2.1.2. CONDITIONS DE DEVELOPPEMENT NYMPHAL.

Arrivées à complet développement, les chenilles cessent de se nourrir, entrent en prénymphose et creusent dans le milieu nutritif une logette à l'intérieur de laquelle elles tissent un cocon très lâche où s'effectuera la nymphose. Cependant, certaines chenilles sortent du milieu pour se nymphoser à sa surface et cela sans tisser de cocon.

Les chrysalides ont une coloration brun clair au début de la nymphose puis brun foncé avant la sortie de l'imago. Elles sont récoltées chaque jour à l'aide d'une pince souple désinfectée dans une solution antiseptique ; elles sont "sexées" et pesées (Fig.7). A l'aide

d'une loupe binoculaire, on peut distinguer facilement les chrysalides mâles des chrysalides femelles grâce à la situation du pore génital virtuel, nettement plus antérieur chez la femelle que chez le mâle. Chez la femelle, l'orifice de copulation se trouve sur le 8ème segment et l'orifice de ponte sur le 9ème segment (Lépidoptères, Ditrysiens). Chez le mâle, on observe en outre deux protubérances plus ou moins arrondies entre le 9ème et le 10ème segment abdominal. Les chrysalides femelles sont placées individuellement dans des piluliers dont le couvercle est grillagé, les chrysalides mâles sont placées en groupe dans les boîtes d'élevage et l'ensemble, disposé dans l'enceinte de ponte, est étiqueté suivant les dates de nymphose (Fig.8). Un à deux jours avant l'éclosion, les chrysalides sont mises en place dans des pondoirs, constitués d'un couvercle de boîte de Pétri, recouvert d'un manchon en grillage moustiquaire de 15 cm de haut et 10 cm de diamètre (Fig.9), ce dispositif permet aux adultes, grimpant le long du grillage, de distendre leur corps et d'étaler leurs ailes dès la sortie des chrysalides (AL-SALTI, 1979).

### 2.1.3. ELEVAGE DES ADULTES.

Il s'effectue dans les pondoirs, disposés à l'intérieur de l'enceinte de ponte (en bois et plastique, de 62x48x62cm et dont la base métallique est percée de trous de 1,5 cm de diamètre). Cette enceinte est disposée au-dessus d'un bac d'eau, ce dispositif expérimental permettant d'assurer l'humidité relative très élevée (80 à 90%) indispensable pour le déclenchement des pontes. Cette enceinte de ponte est placée dans une salle climatisée fonctionnant à  $27^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  et 45 à 50% d'H.R., avec un éclairage artificiel comportant 12 heures de jour avec 410 lux au niveau de l'enceinte de ponte et 12 heures d'obscurité.

Fig.7 : *Sesamia calamistis*  
Hampson, chrysalides.  
En haut, chrysalide mâle ;  
en bas, chrysalide femelle.

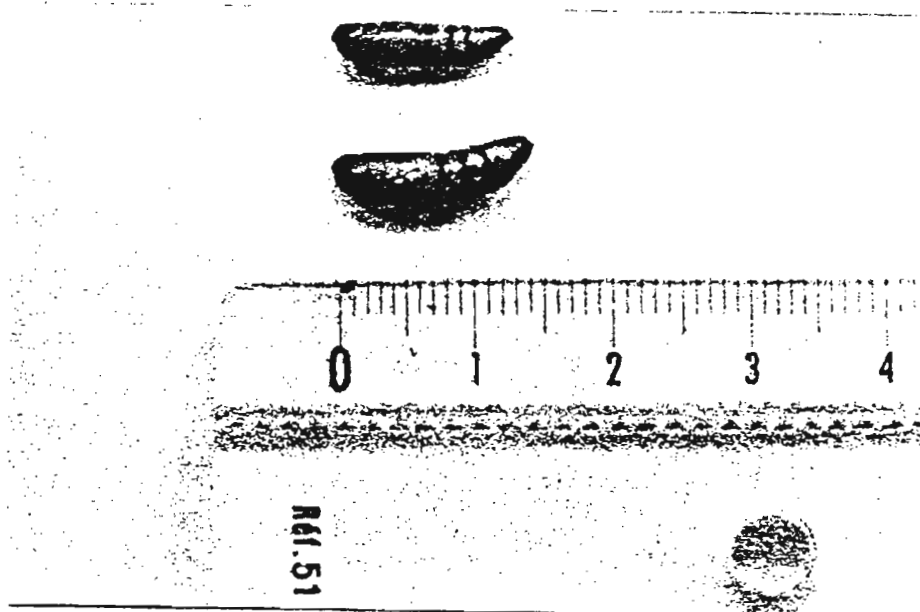


Fig.8 : Dispositif expé-  
rimental pour le contrôle du  
développement nymphal.

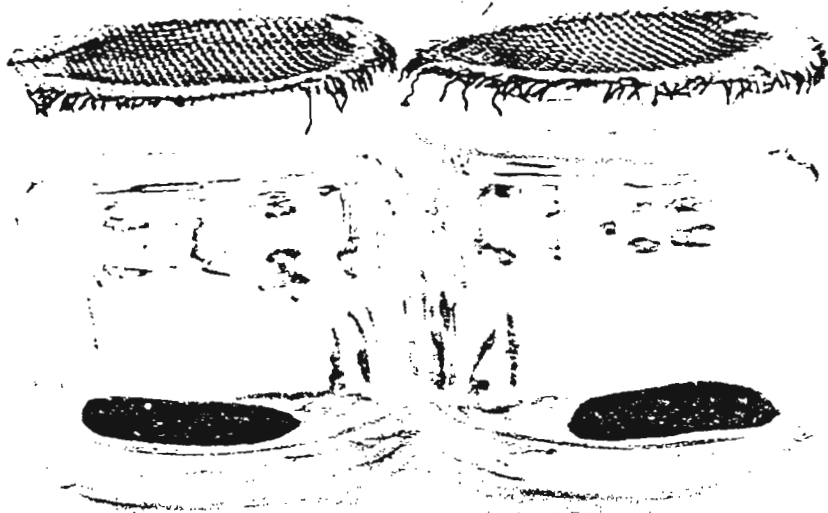
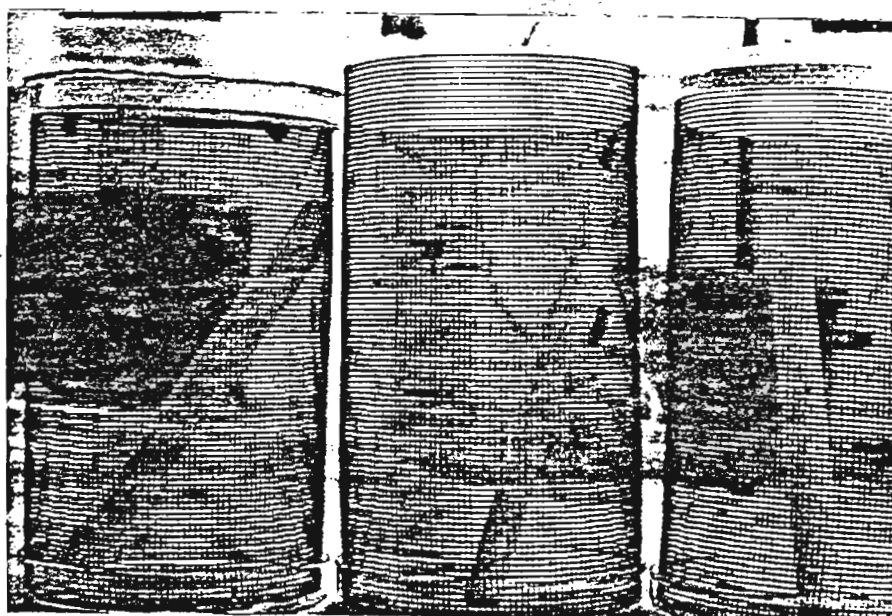


Fig.9 : Dispositif expéri-  
mental pour l'élevage des  
adultes.



ANGLADE (in HILAL, 1978) a indiqué que, chez une espèce très voisine, *Sesamia nonagrioides* LEF., le problème crucial, pour la réussite de l'élevage de masse au laboratoire est celui de l'oviposition. L'insecte ne dépose ses oeufs que sous les gaines des plantes de graminées et tout autre support artificiel ne permet pas le ponte.

Nos expérimentations dans ce domaine ont été basées sur l'observation du comportement de ponte de la sésamie du maïs sur pieds de maïs au laboratoire. Celle-ci dépose très généralement ses oeufs sur la face interne des gaines foliaires, à quelques centimètres de la ligule ainsi que l'a observé BRENIERE (1976) dans la nature.

En effet, la femelle de *S. calamistis* ne pond bien que si elle peut insérer son ovipositeur entre deux surfaces rapprochées.

Après une série d'essais, nous avons obtenu la ponte de la sésamie, au laboratoire, en utilisant du papier lisse (90 g/m<sup>2</sup>) enroulé en cornets spiralés de 15 cm de long et 1,5 cm de diamètre (Fig.10). Les oeufs sont déposés sur la face interne du papier, le long de la spirale, la ponte débutant généralement à la base du cornet. Nous verrons, dans un prochain chapitre, quelle est l'influence du support de ponte.

De l'eau sucrée, à 5% de sucre de canne est offerte aux insectes, dans un flacon abreuvoir garni d'un tampon d'ouate (Fig.11). Dans les pendoirs, les adultes sont disposés soit par couples isolés, soit par 4 à 5 couples. Les conditions d'élevage des adultes par couples isolés semblent mieux convenir à nos insectes, elles sont presque analogues à celles utilisées par POITOUT (1969) et POITOUT et BUES (1970) pour l'élevage de plusieurs espèces de *Noctuidae*.

En effet, il est difficile d'obtenir des oeufs fertiles en grand nombre à partir de papillons groupés car ceux-ci vivent peu de temps. De même, GUENNELON et al.(1970), pour l'élevage au laboratoire de *Lobesia botrana* DEN. et SCHIFF (*Tortricidae*) ont montré que la technique d'élevage, par couples isolés, est plus favorable à la survie des adultes. En outre, les papillons femelles vivent quelques

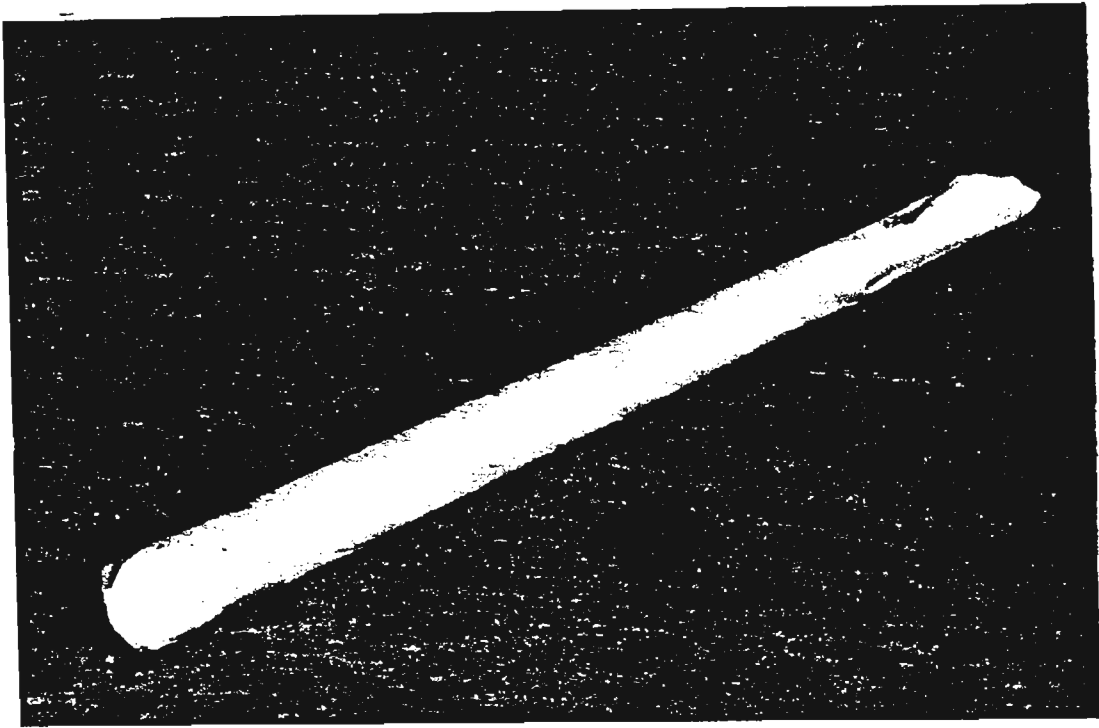


Fig.10 : Le support artificiel de pont.

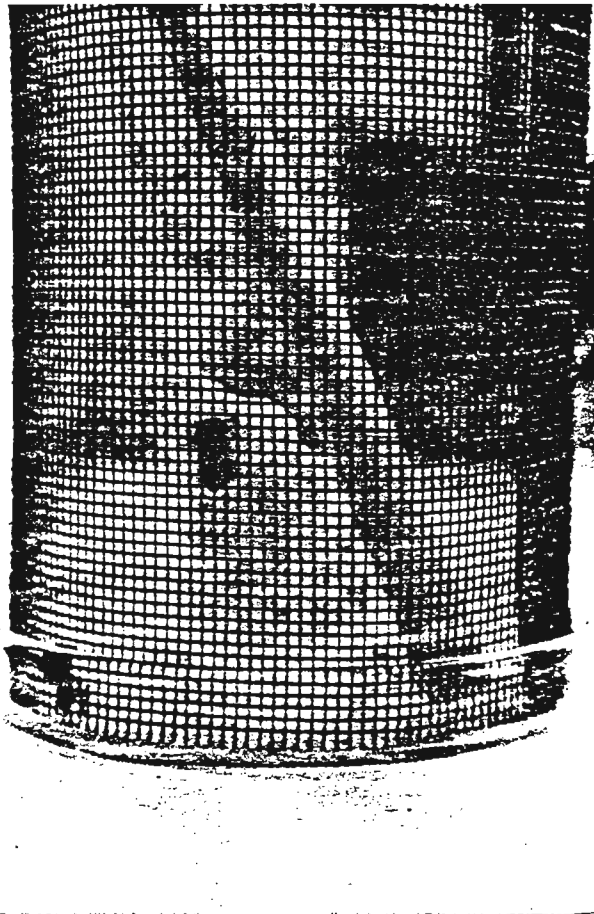


Fig.11 : L'alimentation des adultes de *S. calamistis*

jours de plus que les mâles, aussi bien dans une production sur fruit que sur milieu artificiel.

#### 2.1.4. ELEVAGE DES LARVES SUR UNE PLANTE-HOTE NATURELLE, LE MAÏS.

Les conditions de développement nymphal, l'élevage des adultes et l'incubation des oeufs restent les mêmes. Seule la méthode d'élevage des larves est modifiée. L'élevage en groupe est conduit dans des boîtes en matière plastique de 26x19x7cm, sur fragments de tiges de maïs, groupés sur un papier buvard (Fig.12 et 13).

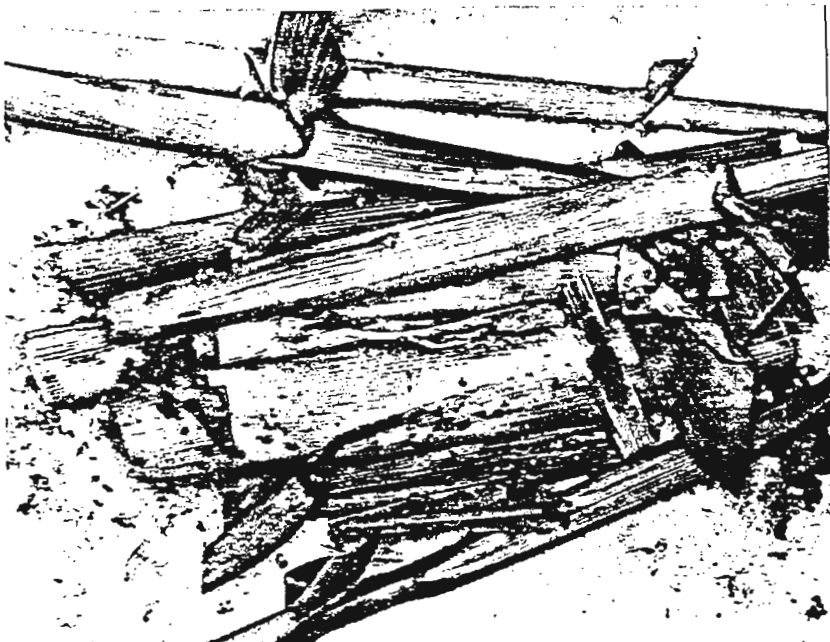


Fig.12 : Fragments de tiges de maïs attaqués par des chenilles de *S. calamistis*.

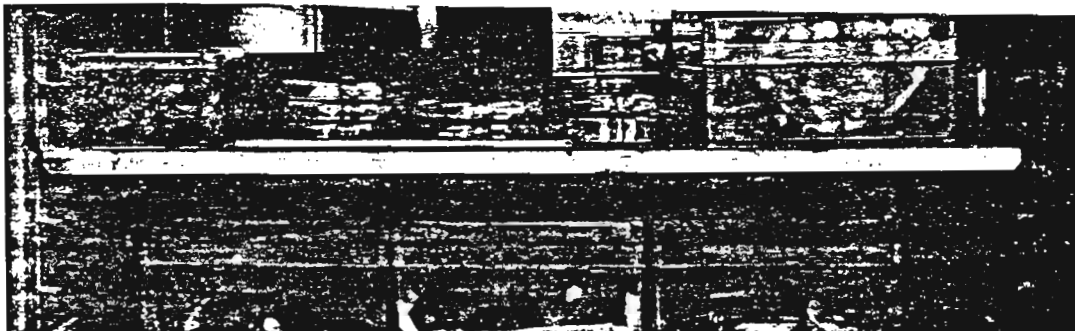


Fig.13 : Elevage des larves de *S. calamistis* sur fragments de tiges de maïs placés sur papier buvard en boîte plastique.

Pour l'élevage des larves néonates, nous installons de petits fragments de tiges de maïs, peu avant l'éclosion, entre les plaques d'oeufs, dans les boîtes de Pétri où ils ont achevé leur développement embryonnaire (Fig.14 et 15). L'élevage individuel sur fragments de tiges de maïs est conduit dans des boîtes cylindriques en matière plastique, de 8 cm de diamètre et 5 cm de hauteur, dont le couvercle est percé d'un orifice muni d'un grillage. L'élevage des larves sur la plante-hôte naturelle exige beaucoup de manipulations car il faut transférer les larves sur la nourriture fraîche, plusieurs fois au cours de leur développement. Ainsi un élevage permanent sur la plante-hôte dépend beaucoup des conditions saisonnières et exige un espace et une main d'oeuvre qui dépassent les possibilités du laboratoire.

L'élevage de *S. calamistis* sur le maïs au laboratoire nous a toutefois permis de définir le cycle évolutif normal de l'insecte (Fig.16,17,18,19 et 20) car il n'est pas impensable d'imaginer que la biologie d'un insecte peut être plus ou moins profondément modifiée par une nourriture non naturelle.



Fig.14 : Elevage des larves néonates sur fragment de tige de maïs.  
 A - Ponte de *S. calamistis* sur un morceau du support  
 artificiel de ponte ;  
 B - Eclosion des oeufs, avec chenilles néonates, dans  
 une boîte de Pétri.

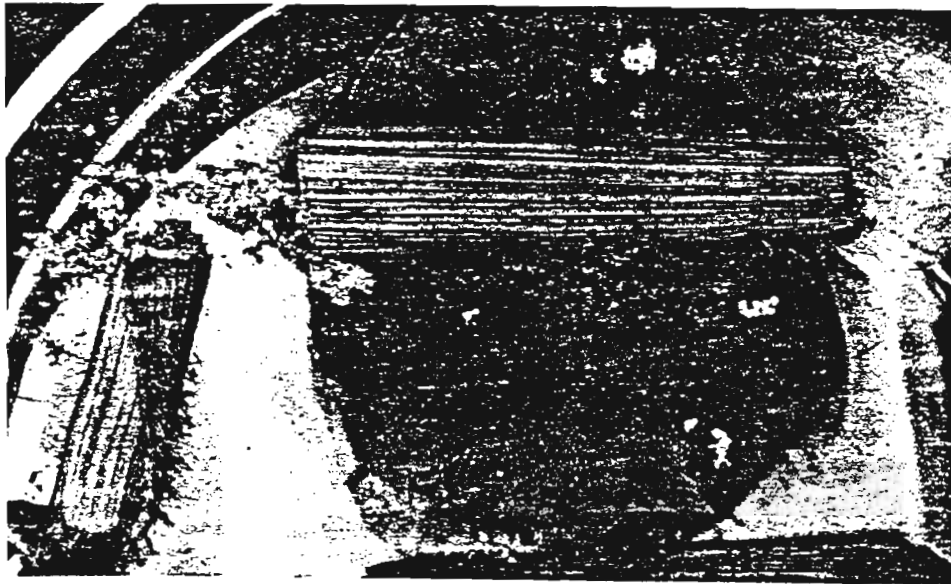


Fig.15 : Attaque de chenilles néonates sur des fragments de tige  
 de maïs dans une boîte de Pétri.  
 A - En bas, oeufs éclos.

# LE CYCLE EVOLUTIF de *SESAMIA CALAMISTIS* HAMPSON.

## 1. L'élevage des adultes.

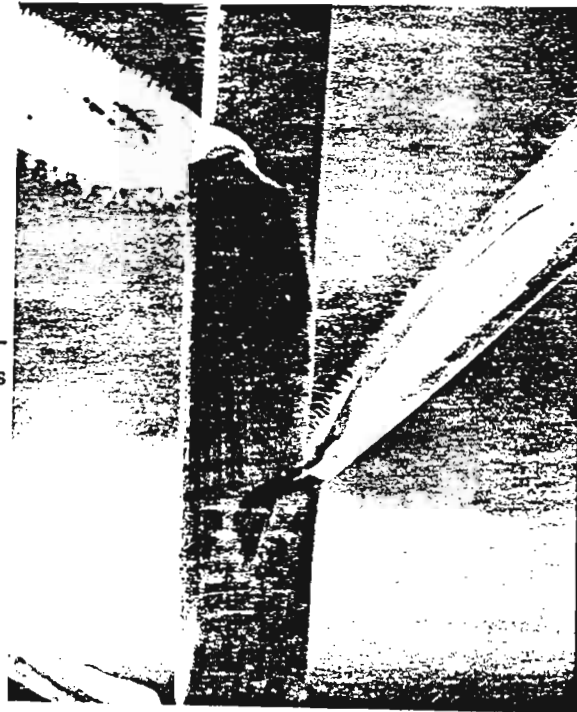
Fig.16 : Dispositif expérimental d'élevage des adultes. Dès l'émergence, les papillons (a,b) sont déposés sur un jeune plant de maïs (stade 4 à 5 feuilles) recouverts par des manchons de grillage moustiquaire (c) et placés sur le pot de fleurs contenant le pied de maïs (d).



## 2. La ponte.

Fig.17 : a). La site de ponte de *S.calamistis*.

b). On voit par transparence les attaques des chenilles néonates à la face interne de la gaine.



### 3. Le développement larvaire.

Fig.18 : Chenilles de 5ème stade larvaire de *S. calamistis* creusant des galeries dans la moelle d'un fragment de tige de maïs.

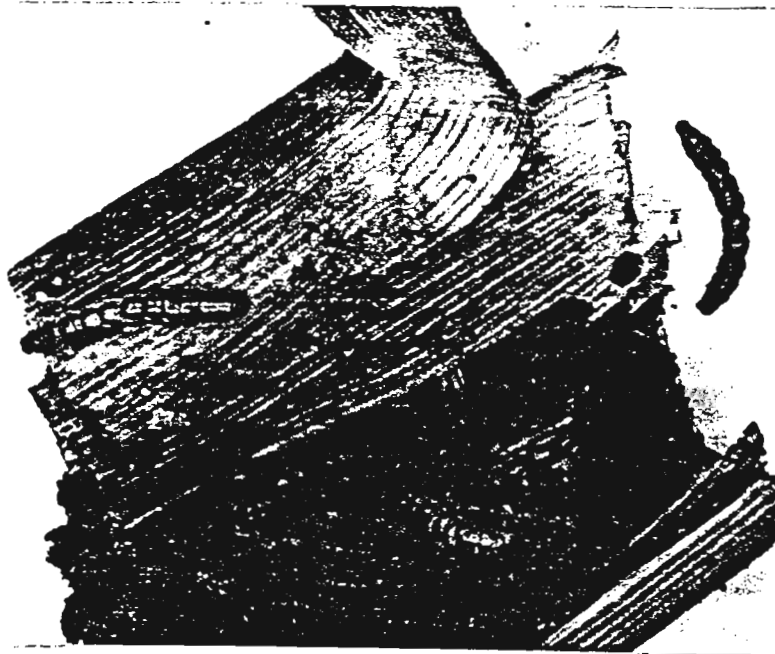
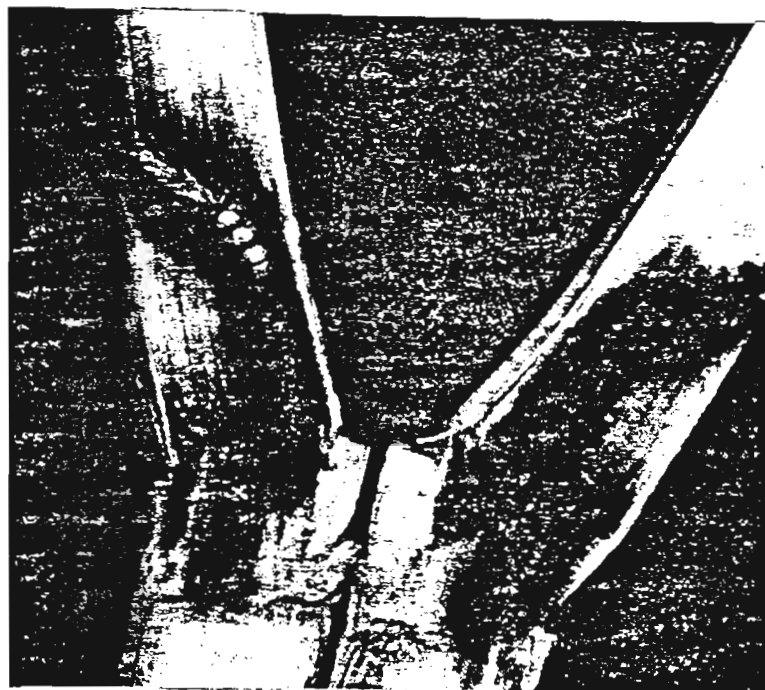


Fig.19 : Chenilles de 6ème stade larvaire de *S. calamistis*



### 4. La nymphose.

Fig.20 : Chrysalide de *S. calamistis* dans une loge creusée, par la chenille, dans une tige de maïs.



## 2.2. RESULTATS ET DISCUSSION.

Les techniques décrites ci-dessus ont permis de mettre au point une production importante du ravageur, en laboratoire. Nous avons étudié plus particulièrement les caractéristiques biologiques suivantes : nombre de stades larvaires ; durée du développement larvaire et nymphal, en jours ; poids des chrysalides, en mg ; rendement en adultes exprimé en pourcentage et fécondité moyenne par femelle.

### 2.2.1. DETERMINATION DU NOMBRE DE STADES LARVAIRES.

Dans l'élevage individuel des larves de *Sesamia calamistis* HAMPSON, nous avons mesuré la largeur des capsules céphaliques des larves, lors de chaque mue. Nous avons résumé dans le tableau 1, les mensurations effectuées sur les capsules céphaliques de chaque stade larvaire.

Tableau 1

| Stade          | Nombre de chenilles étudiées | Largeur de la capsule céphalique (mm) |                |                  |
|----------------|------------------------------|---------------------------------------|----------------|------------------|
|                |                              | $\bar{X}$                             | S              | Valeurs extrêmes |
| L <sub>1</sub> | 30                           | 0,320                                 | 0,008          | 0,306 - 0,332    |
| L <sub>2</sub> | 30                           | 0,495                                 | 0,048          | 0,425 - 0,575    |
| L <sub>3</sub> | 30                           | 0,686                                 | 0,049          | 0,600 - 0,750    |
| L <sub>4</sub> | 30                           | 0,914                                 | 0,057          | 0,800 - 1,025    |
| L <sub>5</sub> | 35                           | 1,360                                 | 0,160          | 1,125 - 1,675    |
| L <sub>6</sub> | 32                           | 1,872                                 | 0,190          | 1,700 - 2,275    |
| L <sub>7</sub> | 15                           | 2,552                                 | 0,408          | 2,000 - 3,025    |
|                | $\bar{X}$ = Moyenne          |                                       | S = Ecart-type |                  |

Nous avons observé une assez forte hétérogénéité dans les durées du développement larvaire. C'est ainsi que, dans une même génération, nous avons relevé des individus à 5, 6 et 7 stades larvaires, la proportion de chaque type<sup>(1)</sup> étant différente, suivant le sexe ou la génération. Le tableau 2 présente le pourcentage de chaque type de développement et les durées moyennes du développement larvaire, en jours. Ces données portent sur des nombres de larves supérieurs à 30 et ont été obtenues à partir de chenilles néonates écloses le même jour et suivies isolément jusqu'à la nymphose, dans les mêmes conditions climatiques et alimentaires.

Tableau 2

| Proportions, en pourcentage, des différents types de développement larvaire au cours de la 6ème génération chez les larves de <i>Sesamia calamistis</i> Hamps. |        |        |        | Durées moyennes du développement larvaire pour chaque type, en jours. |        |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-----------------------------------------------------------------------|--------|--------|
| Sexe                                                                                                                                                           | Type 5 | Type 6 | Type 7 | Type 5                                                                | Type 6 | Type 7 |
| ♂                                                                                                                                                              | 23,53  | 64,71  | 11,76  | 23,75                                                                 | 31,36  | 34,00  |
| ♀                                                                                                                                                              | -      | 89,47  | 10,53  | -                                                                     | 33,41  | 35,00  |

L'examen du tableau 2 permet de constater que l'espèce présente généralement 6 stades larvaires dans notre élevage et qu'une partie des larves mâles subit moins de mues que les larves femelles. LOMA (1974) a obtenu des résultats comparables avec *Chilo suppressalis* WALKER (*Pyrallidae*). La variation du nombre de stades larvaires est un phénomène observé également chez diverses espèces de *Noctuidae*. Il peut être expliqué par l'action de facteurs externes (température, alimentation et photopériode) ou internes (hétérogénéité des populations naturelles - lignée<sup>(2)</sup>) ou encore par leur interaction (POITOUT et CAYROL, 1969). BORDAT et PICHOT (1980) ont observé que le pourcentage

(1). Pour faciliter notre présentation nous indiquons que les larves qui passent par (n) stades sont du "type n".; (2). POITOUT et CAYROL (1969) ont appelé "lignée" la descendance d'un mâle et d'une femelle récoltés dans la nature au stade larvaire = l'aptitude des insectes à se développer suivant un type donné (5 ou 6) varie d'une lignée à l'autre.

de larves de *S. calamistis* Hamps. du type 5 est de 86% et, du type 6, de 14% ; mais ces auteurs, d'une part n'ont pas étudié ces pourcentages en fonction du sexe et, d'autre part, n'ont pas indiqué pour qu'elle génération de l'élevage ce résultat avait été obtenu. A signaler également un changement dans les proportions des éléments constitutifs du milieu artificiel, entre le milieu POITOUT et BUES (1970) qui est utilisé pour notre élevage et celui employé par BORDAT et al. (1980). (Tableau 3).

A Maurice, sur canne à sucre, MOUTIA (1954) a observé une moyenne de 7 mues pour l'élevage des larves de *S. calamistis* Hamps. et, à Madagascar, APPERT et al. (1970) ont pu compter 7 mues durant la vie larvaire de *S. calamistis* Hamps.

Les variations du nombre de stades en fonction du milieu ont également été observées chez la noctuelle de la tomate *Helicoverpa armigera* H.B.N. par POITOUT et CAYROL (1969). LOMA (1974) trouve, chez *C. suppressalis* WALKER, des larves de type 5, 6 et 7, ceci dans les mêmes conditions de température et de photopériode. DRAVE (1977), également chez *C. suppressalis* WALKER, remarque, dans une même génération, des larves à 4, 5 et 6 stades. En outre, il a été observé que des manipulations trop fréquentes des larves peuvent provoquer une ou deux mues surnuméraires.

#### 2.2.2. DUREE DU DEVELOPPEMENT LARVAIRE ET NYMPHAL.

Six générations successives de *S. calamistis* Hamps. ont été produites, pendant un an, sur le milieu décrit. Nous avons évalué la durée du développement larvaire et celle de la nymphose, grâce à l'élevage individuel des larves (tableau 4). Au cours de ces six générations, nous avons contrôlé l'émergence de deux cents papillons (tableau 5) ; nous avons constaté qu'elle s'effectue entre les 31<sup>e</sup> et 54<sup>e</sup>ème jours pour les papillons mâles et les 34<sup>e</sup> et 63<sup>e</sup>ème jours pour les papillons femelles, après l'installation sur le milieu des larves nouveau-nées, le maximum se situant entre le 34<sup>e</sup> et 48<sup>e</sup>ème jours pour les papillons mâles, le 37<sup>e</sup> et le 51<sup>e</sup>ème jours pour les papillons femelles (Fig.21).

Tableau 3

| Conditions d'élevage            | Température                                                                                                                                                                                                                 | Photopériode      | Intensité lumineuse                                                                                                                              | Humidité relative                                                                                                                                  |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dans l'élevage de BORDAT et al. | $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$                                                                                                                                                                                          | 18 heures de jour | 3000 à 4000 lux                                                                                                                                  | 85%                                                                                                                                                |
| Dans notre élevage              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>26^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}</math> pour l'élevage des larves</li> <li>- <math>27^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}</math> pour l'élevage des nymphes et adultes.</li> </ul> | 12 heures de jour | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 220 lux dans l'élevage des larves.</li> <li>- 410 lux dans l'élevage des nymphes et adultes.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 68 à 72% dans l'élevage des larves.</li> <li>- 80 à 90% dans l'élevage des nymphes et adultes.</li> </ul> |

TABIEAU 4.

| Générations | Effectif |    | Durées moyennes du développement larvaire en jours |      |      |           |      |      | Durées moyennes du développement nymphal en jours |      |      |           |      |      | Durées moyennes du développement larvaire et nymphal en jours |      |      |           |      |      |
|-------------|----------|----|----------------------------------------------------|------|------|-----------|------|------|---------------------------------------------------|------|------|-----------|------|------|---------------------------------------------------------------|------|------|-----------|------|------|
|             | ♂        | ♀  | ♂                                                  |      |      | ♀         |      |      | ♂                                                 |      |      | ♀         |      |      | ♂                                                             |      |      | ♀         |      |      |
|             |          |    | $\bar{x}$                                          | $s$  | $i$  | $\bar{x}$ | $s$  | $i$  | $\bar{x}$                                         | $s$  | $i$  | $\bar{x}$ | $s$  | $i$  | $\bar{x}$                                                     | $s$  | $i$  | $\bar{x}$ | $s$  | $i$  |
| 1ère        | 15       | 15 | 28,93                                              | 1,75 | 0,89 | 29,73     | 1,22 | 0,62 | 11,27                                             | 1,10 | 0,56 | 11,53     | 1,06 | 0,54 | 40,20                                                         | 2,18 | 1,10 | 41,27     | 1,83 | 0,93 |
| 2ème        | 15       | 15 | 32,13                                              | 2,50 | 1,27 | 33,27     | 2,43 | 1,23 | 11,20                                             | 1,01 | 0,51 | 11,47     | 1,06 | 0,54 | 43,33                                                         | 2,82 | 0,73 | 44,73     | 2,84 | 1,44 |
| 3ème        | 15       | 15 | 32,13                                              | 2,88 | 1,47 | 33,93     | 2,58 | 1,30 | 11,27                                             | 1,03 | 0,52 | 11,60     | 1,24 | 0,63 | 43,40                                                         | 2,90 | 1,47 | 45,53     | 3,14 | 1,59 |
| 4ème        | 22       | 18 | 32,41                                              | 4,27 | 1,78 | 36,33     | 5,89 | 2,72 | 10,80                                             | 0,77 | 0,34 | 11,88     | 1,27 | 0,60 | 43,80                                                         | 4,56 | 2,00 | 48,41     | 6,15 | 2,93 |
| 5ème        | 15       | 14 | 27,53                                              | 4,63 | 2,35 | 30,36     | 5,67 | 2,97 | 11,87                                             | 1,30 | 0,66 | 11,93     | 0,92 | 0,48 | 39,40                                                         | 4,63 | 2,34 | 42,36     | 5,89 | 3,09 |
| 6ème        | 23       | 25 | 29,87                                              | 4,98 | 2,03 | 33,24     | 4,75 | 1,86 | 12,14                                             | 1,01 | 0,43 | 12,78     | 1,31 | 0,53 | 41,91                                                         | 4,79 | 1,96 | 46,04     | 4,96 | 2,02 |

$\bar{x}$  : Moyenne

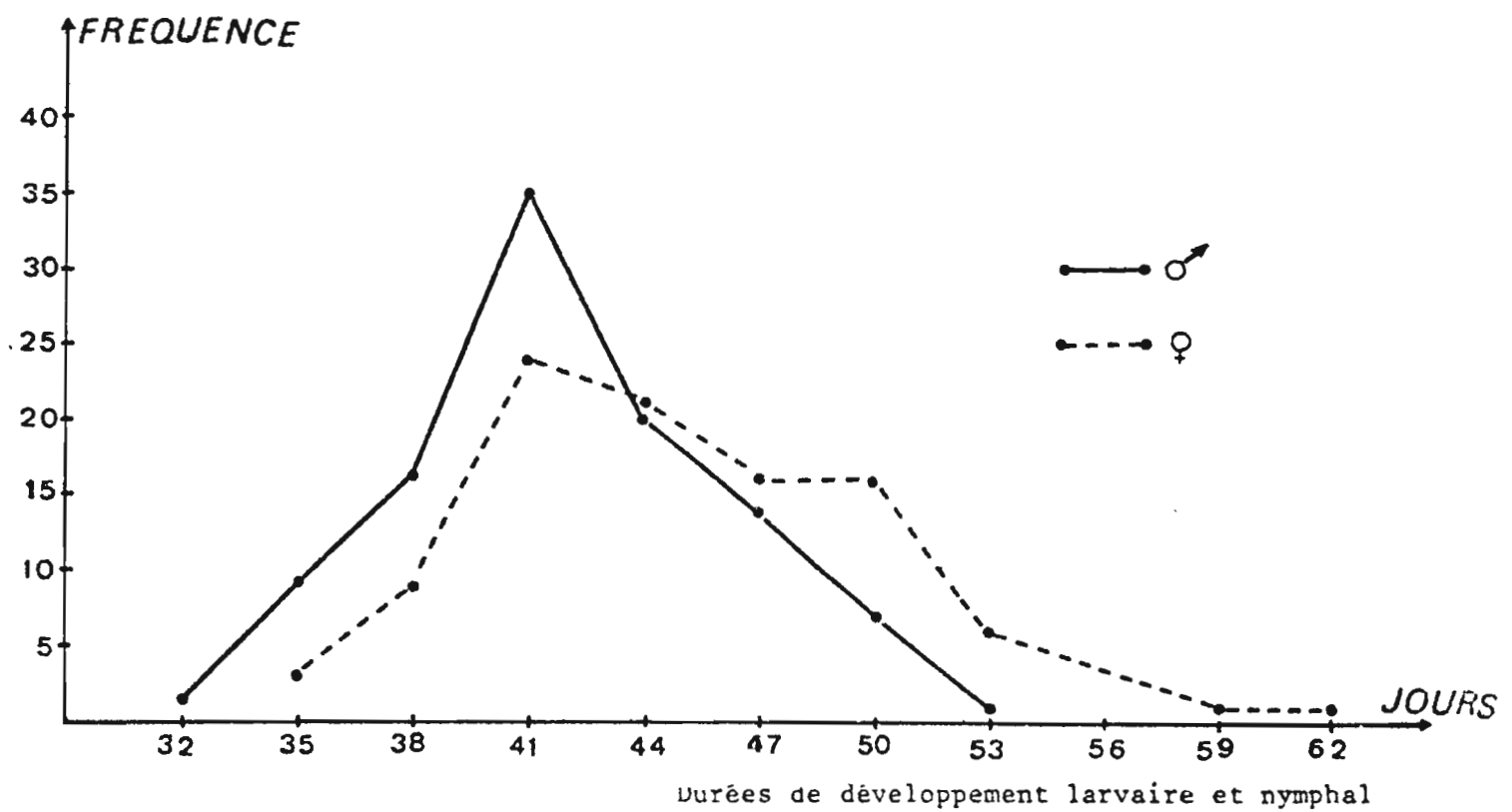
$s$  : Ecart-type

$i$  : Intervalle de confiance à la probabilité de 5 % ( $P = 0,05$ ).

Tableau 5 : Pourcentages des éclosions d'adultes en fonction de la durée de développement larvaire et nymphal (données portant sur 200 papillons, pendant 6 générations successives).

Fréquence : Nombre de papillons éclos le même jour.

| Durées du développement larvaire et nymphal en jours | ♂         |             | ♀         |             |
|------------------------------------------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
|                                                      | Fréquence | Pourcentage | Fréquence | Pourcentage |
| 31 - 33                                              | 1         | 0,97        | -         | -           |
| 34 - 36                                              | 9         | 8,74        | 3         | 3,09        |
| 37 - 39                                              | 16        | 15,53       | 9         | 9,28        |
| 40 - 42                                              | 35        | 33,98       | 24        | 24,74       |
| 43 - 45                                              | 20        | 19,42       | 21        | 21,65       |
| 46 - 48                                              | 14        | 13,59       | 16        | 16,49       |
| 49 - 51                                              | 7         | 6,80        | 16        | 16,49       |
| 52 - 54                                              | 1         | 0,97        | 6         | 6,19        |
| 55 - 57                                              | -         | -           | -         | -           |
| 58 - 60                                              | -         | -           | 1         | 1,03        |
| 61 - 63                                              | -         | -           | 1         | 1,03        |
| TOTAL                                                | 103       | 100%        | 97        | 99,99%      |



**Fig-21-** Répartition des émergences d'adultes de *Sesamia calamistis* HAMPSON (données portant sur 200 papillons).

L'examen du tableau 4 permet de constater l'existence de différences relativement faibles entre les durées moyennes du développement des larves mâles et femelles. Nous observons que le temps de développement larvaire des femelles est légèrement plus long que celui des mâles, cette observation est confirmée par le décalage des émergences (tableaux 4, 5 et Fig.21).

Dans notre élevage, la durée moyenne de l'évolution larvaire est de 28,93 jours au cours de la première génération pour les individus mâles et 29,73 jours pour les femelles. Elle est donc voisine de celle observée par d'autres auteurs. Ainsi INGRAM (1958) a obtenu une durée de vie larvaire variant de 27 à 36 jours en élevage au laboratoire, BORDAT et al.(1980) obtiennent 25 à 32 jours. A Maurice, sur canne à sucre, MOUTIA (1954) montre que le développement larvaire des chenilles de *S. calamistis* Hamps. a une durée de 31 à 49 jours. BRENIERE (1977) et APPERT (1967) observent que, dans la nature, la vie larvaire varie de 28 à 35 jours. L'examen des durées moyennes du développement larvaire, de leur écart-type et de leur intervalle de confiance, indique, qu'au fur et à mesure que les générations se succèdent, on observe un allongement de la durée moyenne, de l'écart-type et de l'intervalle de confiance, très net dès la 4ème génération. On peut peut-être attribuer cet allongement à des différences de température dans la pièce où se trouve l'étuve, la 4ème génération s'étant développée au mois de Janvier-Février.

Les durées moyennes du développement nymphal, leur écart-type et leur intervalle de confiance, sont restés à peu près constants pendant les six générations successives. La durée moyenne du stade nymphal est de 11,27 jours pour les individus mâles et 11,53 jours pour les femelles. Elle est donc comparable à celle observée par BORDAT et al.(1980) alors que, dans la nature, les valeurs données par les différents auteurs varient entre 10 et 14 jours (BRENIERE, 1977), 10 et 12 jours (APPERT, 1967 ; INGRAM, 1958) et 12 et 16 jours (MOUTIA, 1954).

Nous avons effectué des comparaisons entre les élevages des

larves, en groupe, sur la plante-hôte naturelle (fragments de tige de maïs) et sur le milieu artificiel (Tableau 6). Cet essai a été mené à partir de larves néonates écloses le même jour et suivies, en groupe, jusqu'à la nymphose. La comparaison entre le tableau 4 et le tableau 6 montre d'une part que les chenilles élevées isolément ont, en général, un cycle larvaire moins long que les larves groupées et d'autre part, que les chenilles élevées sur milieu artificiel ont des durées moyennes de développement larvaire plus longues que celles élevées sur fragments de tige de maïs. Par contre, les durées moyennes du développement larvaire pour les chenilles élevées sur milieu artificiel sont plus homogènes que pour celles élevées sur fragments de tige de maïs (comparaison du coefficient de variabilité dans le tableau 6). La durée du développement nymphal reste la même, que les larves soient élevées en groupe ou individuellement, qu'elles soient nourries sur milieu artificiel ou sur fragments de tige de maïs.

### 2.2.3. POIDS DES CHRYSALIDES.

Nous avons effectué des pesées de chrysalides pour chaque génération, ces pesées ont porté chaque fois sur 22 nymphes mâles et 22 nymphes femelles. Ces chrysalides sont issues de larves ayant le même âge et ayant été élevées en groupe, sur milieu artificiel (Tableau 7).

L'examen du tableau 7 nous permet de tirer les conclusions suivantes :

- les nymphes femelles sont plus lourdes que les mâles
- il n'y a pas de différences importantes de poids entre les chrysalides au cours des six générations mais on peut noter une légère augmentation des poids moyens des chrysalides mâles à partir de la troisième génération. Nous avons observé, dans nos conditions d'élevage, pour les nymphes issues des larves ramassées dans la nature à Bouaké en Côte d'Ivoire, un poids moyen nymphal de 174,35 avec un C.V. de 23,72% pour les nymphes femelles et de 115,41 avec un C.V.% de 28,95% pour les nymphes mâles.

Tableau 6

| Aliment                                                                      | Génération | Effectif |    | Durées moyennes du développement larvaire en jours |      |       |           |      |       |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|----------|----|----------------------------------------------------|------|-------|-----------|------|-------|
|                                                                              |            | ♂        | ♀  | ♂                                                  |      |       | ♀         |      |       |
|                                                                              |            |          |    | $\bar{X}$                                          | S    | C.V.% | $\bar{X}$ | S    | C.V.% |
| Fragments de tige de maïs                                                    | 1ère       | 134      | 97 | 25,17                                              | 2,31 | 9,18  | 26,19     | 2,55 | 9,74  |
|                                                                              | 2ème       | 66       | 51 | 31,77                                              | 2,66 | 8,37  | 32,82     | 2,33 | 7,10  |
| Milieu artificiel                                                            | 1ère       | 25       | 29 | 29,04                                              | 1,42 | 4,89  | 29,59     | 1,06 | 3,58  |
|                                                                              | 2ème       | 38       | 43 | 33,03                                              | 2,55 | 7,72  | 34,26     | 2,07 | 6,04  |
| $\bar{X}$ = Moyenne    S = Ecart-type    C.V.% = Coefficient de variabilité. |            |          |    |                                                    |      |       |           |      |       |

Tableau 7

| Génération                                                                  | Poids moyens des chrysalides en mg |       |       |                      |       |       |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|                                                                             | Chrysalides mâles                  |       |       | Chrysalides femelles |       |       |
|                                                                             | $\bar{X}$                          | S     | C.V.% | $\bar{X}$            | S     | C.V.% |
| 1ère                                                                        | 118,27                             | 14,83 | 12,54 | 174,59               | 20,51 | 11,75 |
| 2ème                                                                        | 117,23                             | 23,49 | 20,04 | 159,00               | 30,27 | 19,04 |
| 3ème                                                                        | 124,77                             | 24,71 | 19,80 | 158,73               | 28,31 | 17,84 |
| 4ème                                                                        | 126,00                             | 22,68 | 18,00 | 162,32               | 23,64 | 14,56 |
| 5ème                                                                        | 125,27                             | 23,74 | 18,95 | 171,14               | 29,93 | 17,49 |
| 6ème                                                                        | 121,55                             | 20,88 | 17,18 | 167,05               | 25,64 | 15,35 |
| $\bar{X}$ = Moyenne    S = Ecart-type    C.V.% = Coefficient de variabilité |                                    |       |       |                      |       |       |

Nous avons effectué des comparaisons entre les poids moyens des chrysalides issues des larves élevées sur milieu artificiel et sur fragments de tige de maïs, les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 8.

Nous observons que les chenilles élevées sur milieu artificiel donnent des chrysalides plus lourdes que celles élevées sur fragments de tige de maïs. Il en est de même pour le poids larvaire et l'on peut attribuer ceci à des durées moyennes du développement larvaire plus longues sur milieu artificiel (Tableau 6) que sur les fragments de tige de maïs. L'examen du tableau 8 montre également que les nymphes issues des larves élevées sur milieu artificiel ont des poids plus homogènes que celles issues des larves élevées sur fragments de tige de maïs (voir les coefficients de variabilité). BORDAT et al. (1980) ont obtenu, en moyenne, 137 mg pour les nymphes mâles et 187 mg pour les nymphes femelles, en élevage sur milieu artificiel, dans les conditions décrites plus haut (Tableau 3).

Tableau 8

| Aliment                                                                     | Génération | Effectif |    | Poids moyens des chrysalides en mg. |       |       |           |       |       |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|----------|----|-------------------------------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
|                                                                             |            | ♂        | ♀  | ♂                                   |       |       | ♀         |       |       |
|                                                                             |            |          |    | $\bar{X}$                           | S     | C.V.Z | $\bar{X}$ | S     | C.V.Z |
| Fragment de<br>tige de maïs                                                 | 1ère       | 101      | 82 | 97,39                               | 17,1  | 17,56 | 139,99    | 29,16 | 20,83 |
|                                                                             | 2ème       | 99       | 73 | 97,86                               | 23,86 | 24,38 | 145,04    | 41,52 | 28,63 |
| Milieu artificiel                                                           | 1ère       | 22       | 31 | 118,27                              | 14,83 | 12,54 | 181,29    | 31,46 | 17,35 |
|                                                                             | 2ème       | 48       | 48 | 116,89                              | 24,42 | 20,89 | 157,92    | 29,29 | 18,55 |
| $\bar{X}$ = Moyenne    S = Ecart-type    C.V.Z = Coefficient de variabilité |            |          |    |                                     |       |       |           |       |       |

A Madagascar, APPERT et al. (1970) ont obtenu, pour des nymphes ramassées dans des champs de maïs, 195 et 255 mg, respectivement, pour les nymphes mâles et femelles.

#### 2.2.4. RENDEMENT DE L'ELEVAGE.

Le rendement de l'élevage est exprimé par le pourcentage d'adultes obtenus par rapport au nombre de larves nouveau-nées. Les différentes valeurs de ce rendement, obtenues au cours des six générations successives élevées sur milieu artificiel, sont présentées dans le tableau 9. L'examen des valeurs obtenues montre que le rendement est resté à peu près constant, au cours des 6 générations successives.

Tableau 9

| Génération | Mortalité larvaire en % | Mortalité larvaire et nymphale, en % | Rendement en adultes, en % |
|------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| 1ère       | 18,8%                   | 30%                                  | 70%                        |
| 2ème       | 13,3%                   | 24,8%                                | 75,2%                      |
| 3ème       | 16,7%                   | 26,7%                                | 73,3%                      |
| 4ème       | 17,5%                   | 25%                                  | 75%                        |
| 5ème       | 26,7%                   | 33,3%                                | 66,7%                      |
| 6ème       | 20%                     | 28%                                  | 72%                        |

De façon générale, on considère qu'un milieu alimentaire présente un intérêt pour la production d'insectes lorsque le rendement est au moins égal à 50%, c'est-à-dire lorsqu'on obtient au moins 50 imagos à partir de 100 larves nouveau-nées (GUENNELON, 1968). Aucune manifestation morphologique anormale n'a été observée chez les chenilles au cours des six générations successives. Nous avons constaté, dans nos conditions d'élevage, pour les larves élevées sur fragments de tige de maïs, une mortalité larvaire de 9,9% en première génération et de 9,2% en deuxième génération. Le rendement en adultes pour les

larves élevées sur fragments de tige de maïs est de 80,3% en première génération et de 82,42% en deuxième génération. Sur deux lots de nymphes issues de néonates écloses le même jour, le premier élevé sur milieu artificiel et le deuxième élevé sur fragments de tige de maïs, nous avons obtenu comme valeurs du sex-ratio (nombre d'individus mâles divisé par le nombre d'individus femelles) 1,12 pour le premier lot et 1,40 pour le deuxième lot. Ces valeurs sont très proches de celle obtenue par BORDAT et al.(1980), qui était de 1,28.

#### 2.2.5. FECONDITE.

Elle fut évaluée en isolant des couples de papillons dans les dispositifs expérimentaux déjà décrits. Les oeufs sont déposés sur un support artificiel en papier et comptés chaque jour. Les résultats obtenus au cours des 6 générations successives sont regroupés dans le tableau 10. Il existe pour chaque génération une grande variabilité : par exemple pour 145,75 oeufs en moyenne par femelle en première génération, les valeurs extrêmes sont de 40 et 222 oeufs. Nous constatons une faible diminution de la fécondité, au fur et à mesure que les générations se succèdent. En élevage continu, on pallie cet inconvénient par l'augmentation du nombre des pondeurs, l'introduction périodique dans l'élevage de génotypes sauvages et l'augmentation de la durée du développement nymphal des chrysalides mâles afin d'éviter un trop grand décalage des émergences entre les adultes mâles et femelles.

Tableau 10

| Génération | Nombre de couples | Nombre oeufs pondus | Fécondité moyenne (oeufs par femelle) | % d'oeufs éclos |
|------------|-------------------|---------------------|---------------------------------------|-----------------|
| 1ère       | 8                 | 1166                | 145,75                                | 74,79           |
| 2ème       | 9                 | 1188                | 130,00                                | 71,89           |
| 3ème       | 8                 | 1095                | 136,88                                | 74,06           |
| 4ème       | 9                 | 1141                | 126,78                                | 69,06           |
| 5ème       | 9                 | 1069                | 118,78                                | 70,25           |
| 6ème       | 9                 | 1082                | 120,22                                | 69,87           |

La fécondité observée est très voisine de celle que nous avons indiquée en 1979, ainsi que par BORDAT et al.(1980). Nous avons observé, dans nos conditions d'élevage, pour les femelles issues de larves ramassées dans la nature à Bouaké en Côte d'Ivoire, une fécondité moyenne de 165,27 oeufs par femelle avec un taux d'éclosion de 85,59%. Dans la nature, en conditions favorables, la fécondité moyenne serait de 300 oeufs, d'après INGRAM (1958) ; APPERT (1967) indique qu'une femelle pond rarement plus de 300 oeufs. A signaler que tous les oeufs non éclos ne sont pas stériles ; parmi ceux qui meurent sans éclore, un certain nombre contient un embryon souvent achevé (stade capsule céphalique noire), tandis que d'autres paraissent ne pas avoir été fécondés. Ces derniers ont cependant une coloration jaune foncé différente de celle des oeufs réellement non fécondés qui sont facilement reconnaissable, dès la ponte, par leur teinte claire et homogène (ils se dessèchent d'ailleurs rapidement). Le taux d'éclosion observé dans notre élevage est donc proche de celui indiqué par BORDAT et al.(1980) qui mentionnent le chiffre de 82,5%.

Grâce au support de pontes en papier, les oeufs sont facilement désinfectés et aucun développement de moisissure n'a jamais été observé sur les pontes mises en incubation dans les boîtes de Pétri.

#### 2.2.6. APPARITION DES MALFORMATIONS MORPHOLOGIQUES.

Dans certains cas, nous avons noté des malformations chez les chrysalides, consistant en un "raccourcissement" de l'abdomen et la conservation de caractères larvaires au niveau du thorax (Fig.22). Le pourcentage de nymphes ainsi déformées a été de 2,03% pour celles issues des larves élevées sur fragments de tige de maïs (en deuxième génération). Par contre, il fut de 7,29 pour les nymphes issues des larves élevées sur milieu artificiel (pour la même génération). Dans les deux lots, ce pourcentage a toujours été plus élevé pour les nymphes mâles que les femelles.



Fig.22 : Malformations d'une chrysalide de *Sesamia calamistis* HAMPSON, (élevage au laboratoire sur milieu semi-artificiel).

Les nymphes déformées produisent des papillons anormaux. L'adulte anormal ne peut se défaire entièrement de son enveloppe nymphale au niveau du pygidium ; d'autre part, les ailes restent "cassantes" et le papillon ne peut voler. On observe également des nymphes apparemment normales qui donnent naissance à des papillons anormaux. L'apparition d'anomalies morphologiques peut être la manifestation de critères défavorables d'un milieu artificiel alimentaire. Mais le fait est difficile à prouver, rappelons simplement que le pourcentage d'anomalies est bien moindre pour les insectes élevés sur la plante-hôte.

Les anomalies et les malformations apparaissent souvent chez les nymphes et les adultes, beaucoup plus rarement chez les larves. Des anomalies ou malformations apparaissent quelquefois chez d'autres lépidoptères élevés artificiellement au laboratoire. C'est ainsi que les chrysalides de *Trichoplusia ni* (*Noctuidae*) peuvent être de couleur pâle, tandis que celles de *Pectinophora gossypiella* (*Tineidae*) présentent de grandes taches noires dans les régions céphalique et thoracique ; les prénymphe de *Prodenia litura* (*Noctuidae*) se nymphosent incomplètement et les nymphes de *Carpocapsa pomonella* (*Tortricidae*) présentent une zone molle entre le thorax et l'abdomen. Les adultes ne peuvent se défaire de l'enveloppe nymphale, au niveau de la tête chez le carpocapse,

à l'extrémité des ailes chez *Trichoplusia ni*, dans ce dernier cas, les ailes sont rabougries et "cassantes" et les papillons ne peuvent voler (GUENNELON, 1968).

### 2.3. CONCLUSIONS.

Une technique d'élevage de *Sesamia calamistis* HAMPSON sur milieu artificiel simple, à base de semoule de maïs, et un support artificiel pour la ponte ont été mis au point. Cette technique permet de réaliser l'élevage de plusieurs milliers de larves au laboratoire, tout au long de l'année et d'assurer de façon régulière, la production des importantes quantités d'insectes normaux qu'ont exigé nos diverses expériences. L'élevage sur milieu artificiel donne des résultats inférieurs à celui sur plante-hôte naturelle (maïs) : les durées moyennes du développement larvaire sont allongées et le rendement en adultes diminué. Par contre, nous constatons que les durées moyennes du développement larvaire, les poids moyens des larves et des nymphes sont plus homogènes pour les larves élevées sur milieu artificiel. Il apparaît que le milieu utilisé jusqu'ici n'est pas l'alimentation optimale pour les larves. Des recherches sont en cours pour l'amélioration des qualités nutritionnelles du milieu afin de permettre la production permanente d'insectes physiologiquement semblables à ceux que l'on peut trouver dans la nature.

Il faut noter, à ce propos, que la consanguinité dans l'élevage peut avoir un effet défavorable et faire croire, à tort, que le milieu n'est pas satisfaisant. POITOUT (1969) a bien montré que chez la Noctuelle *Helicoverpa armigera*, la dégénérescence des souches élevées au laboratoire est due à une consanguinité trop stricte. L'influence de la consanguinité a été également démontrée chez d'autres Noctuelles ; mais il y a certainement des espèces qui sont capables, génétiquement, de résister à un haut degré de consanguinité.

Enfin, des phénomènes de lente adaptation aux conditions d'élevage imposées peuvent se traduire par d'importantes modifications dans la physiologie de l'insecte, il est donc nécessaire d'élever plusieurs générations successives avant de pouvoir affirmer qu'un milieu donne satisfaction..

## 3. CHAPITRE III

# INFLUENCE DE QUELQUES FACTEURS SUR LA FECONDITE DE *SESAMIA CALAMISTIS* HAMPSON

Dans le cadre de l'étude des effets physiologiques de divers insecticides sur *Sesamia calamistis*, il importe de connaître le potentiel reproducteur de l'espèce et les facteurs qui peuvent le modifier. Ces derniers peuvent être classés en deux catégories :

A - les uns liés au développement des stades préimaginaux : relation entre le poids des chrysalides femelles et la fécondité, rôle de l'alimentation larvaire.

B - les autres agissant directement sur l'adulte : accouplement, nature du support de ponte et degré d'imbibition de ce support.

## A.- FACTEURS LIES AU DEVELOPPEMENT DES STADES PREIMAGINAUX.

Nous avons étudié d'abord la relation entre le poids des chrysalides femelles et la fécondité, ainsi que l'influence de l'alimentation larvaire en milieu artificiel et naturel sur cette fécondité.

CARLE (1963) montre que chez la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* SAY (*Bruchidae*) la fécondité dépend largement du poids de la femelle à l'émergence. La même relation a été démontrée chez *Sitotroga cerealella* OLIV. (*Gelechiidae*), (STOCKEL, 1973). HIDAL (1978) montre également que la fécondité de *Sesamia nonagrioides* LEF. est en liaison avec le poids des chrysalides femelles. ALROUECHDI (1980) a montré, chez *Chrysoperla carnea* STEPH. (*Chrysopidae*), qu'il existe une corrélation positive entre le poids des cocons femelles et l'indice ovarien à l'émergence (cet indice correspond à 90% du volume total de l'ovaire à l'émergence).

L'intérêt de cette étude est de déterminer l'effet de certains insecticides sur le poids nymphal et en conséquence sur la fécondité de *S. calamistis* ; l'une des applications possibles est l'échantillonnage de chrysalides femelles pour une estimation des potentialités biotiques de l'insecte, dans une culture de maïs par exemple.

La nourriture peut aussi influencer sur la fécondité mais en jouant sur la taille et le poids ce qui nous ramène au cas précédent : MILLS (1964) montre que l'embryon du grain de blé contient un facteur nutritionnel important (de nature protéinique), responsable de la vitesse de développement larvaire et nymphal et du poids de la femelle à l'émergence chez *Sitotroga cerealella* OLIV. JOUBERT (1966) pour le même insecte a obtenu de petits insectes élevés sur *Setaria nigrirostris* et qui pondent des nombres d'oeufs significativement inférieurs à ceux produits par des individus élevés sur grains de maïs. STOCKEL (1973) conclut, de même, que l'alimentation de *S. cerealella* joue un rôle important sur le poids des adultes et par suite sur la fécondité. HILAL (1978) montre que l'alimentation larvaire sur maïs en épis présente une différence significative par rapport à l'alimentation larvaire sur blé ou canne à sucre quant au poids des chrysalides femelles de *Sesamia nonagrioides*. Cette différence significative, qui n'apparaît que chez les chrysalides femelles, s'explique par l'accumulation importante des réserves alimentaires indispensables à la vitellogenèse.

Mais il est possible également que la nourriture influe directement sur la fécondité. CARLE (1963) montre que la fécondité des bruches du haricot *Acanthoscelides obtectus* SAY varie selon la variété des haricots utilisés pour l'élevage. C'est ce que nous avons voulu savoir à propos de *Sesamia calamistis*.

### 3.1. RELATION ENTRE LE POIDS DES CHRYSALIDES FEMELLES ET LA FECONDITE.

#### 3.1.1. TECHNIQUES D'ETUDES.

Nous avons cherché à déterminer s'il y a des corrélations entre le poids des chrysalides femelles et la fécondité. Pour une série de 25 papillons femelles dont les larves ont été élevées sur milieu artificiel, les chrysalides femelles (de poids nymphal variant de 105 à 285 mg) sont élevées individuellement jusqu'à l'émergence. D'autre part, nous avons choisi des mâles d'un poids nymphal relativement constant et proche de la moyenne de l'espèce. Chaque couple est placé dans les pondoirs munis d'un abreuvoir (eau + saccharose) et d'un support artificiel de ponte.

#### 3.1.2. RESULTATS.

Pour l'ensemble des 25 couples étudiés, la ponte varie de 57 à 317 oeufs. Les résultats sont présentés dans le tableau 11.

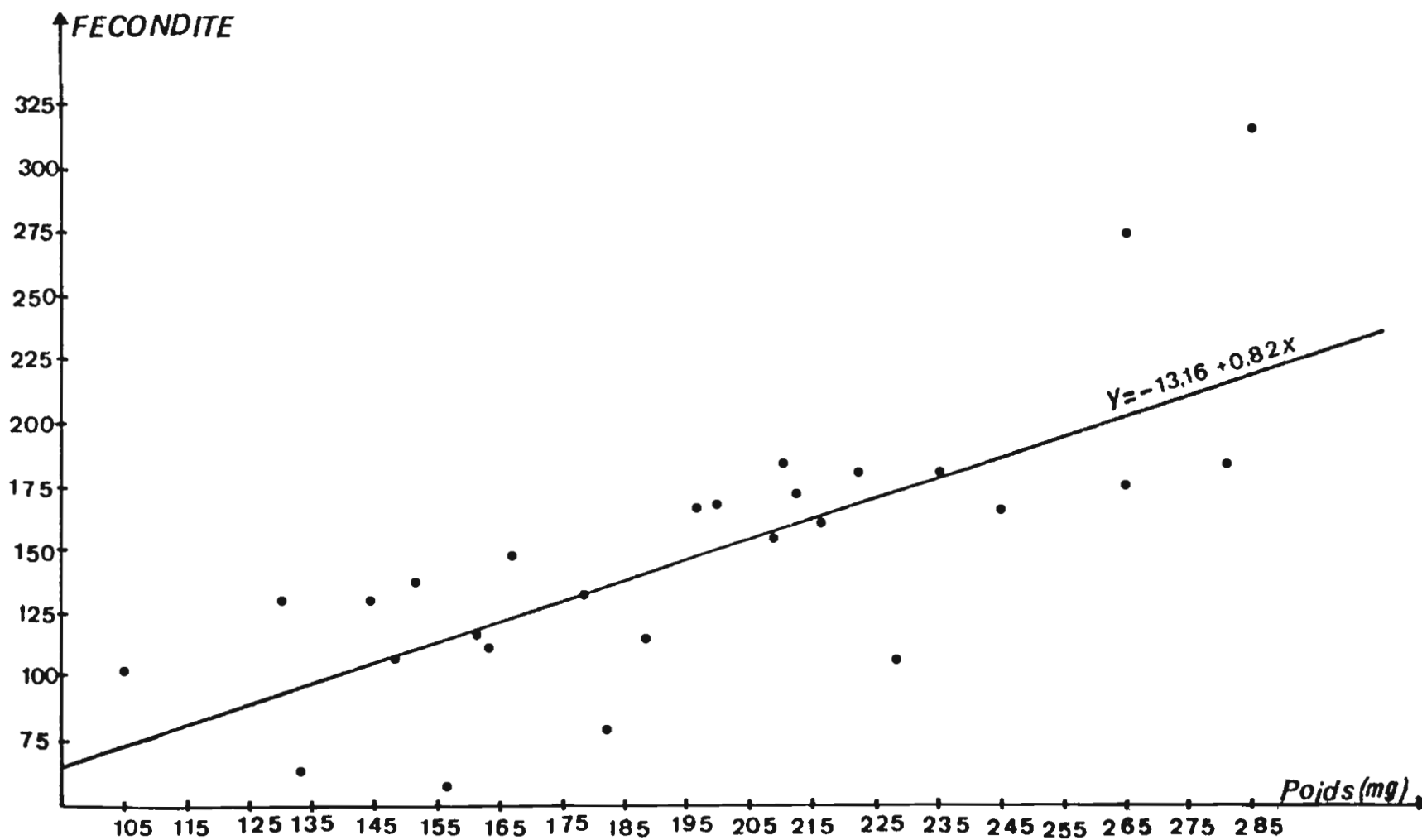
L'analyse statistique montre que, pour l'ensemble des chrysalides femelles, il y a corrélation positive entre leur poids et la quantité d'oeufs déposés. Le coefficient de corrélation  $r = 0,74$  présente un degré de signification supérieur au seuil de 5% ( $t_{23} = 5,25$ ).

La droite de régression calculée sur l'ensemble des données a pour équation  $y = -13,16 + 0,82 X$ . La figure 23 donne la représentation graphique de cette corrélation, dans laquelle X est le poids des chrysalides femelles et y le nombre d'oeufs pondus par femelle.

Nous pouvons dire que la fécondité de *Sesamia calamistis* HAMPSON, est bien en relation avec le poids des chrysalides femelles.

Tableau II : Relation entre le poids des chrysalides femelles et la fécondité.

|                                               |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Poids des chrysalides<br>femelles (en mg)     | 105 | 130 | 133 | 144 | 148 | 152 | 156 | 161 | 163 | 167 | 182 | 188 | 196 | 199 | 210 | 212 | 216 | 222 | 228 | 246 | 265 | 265 | 281 | 181 | 285 |
| Fécondité (Nbre d'œufs<br>pondus par femelle) | 102 | 133 | 62  | 131 | 108 | 139 | 57  | 117 | 112 | 148 | 80  | 115 | 166 | 154 | 181 | 173 | 168 | 186 | 107 | 167 | 275 | 175 | 180 | 180 | 317 |



**Fig. 23** - Régression du nombre d'oeufs pondus en fonction du poids des chrysalides femelles de *Sesamia calamistis* HAMPSON.

### 3.2. INFLUENCE DE L'ALIMENTATION LARVAIRE EN MILIEU ARTIFICIEL ET NATUREL SUR LA FECONDITE.

#### 3.2.1. TECHNIQUES D'ETUDES.

Les adultes destinés à cet essai proviennent de 20 chrysalides, dix chrysalides provenant de larves élevées sur milieu artificiel et dix chrysalides provenant de larves élevées sur fragments de tige de maïs. Les 20 chrysalides ont toutes à peu près le même poids. Dès l'émergence, nous avons placé chaque couple dans un dispositif expérimental pour l'élevage des adultes.

#### 3.2.2. RESULTATS.

Les résultats sont présentés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Influence de l'alimentation larvaire sur la fécondité de la sésamie.

| N° Ordre | Nombre d'oeufs pondus par femelle |                   |
|----------|-----------------------------------|-------------------|
|          | Aliment                           |                   |
|          | Fragments de tige de maïs         | Milieu artificiel |
| 1        | 103                               | 131               |
| 2        | 133                               | 197               |
| 3        | 186                               | 88                |
| 4        | 196                               | 148               |
| 5        | 48                                | 204               |
| 6        | 232                               | 40                |
| 7        | 154                               | 222               |
| 8        | 208                               | 136               |
| 9        | 89                                | -                 |
| 10       | 164                               | -                 |
| TOTAL    | 1513                              | 1166              |
| MOYENNE  | 151,3                             | 145,75            |

L'analyse statistique pour l'ensemble des données du tableau 12 montre que la différence entre le nombre d'oeufs pondus par femelle dans les deux lots n'est pas significative au seuil de 1% (pour DL = 16, F = 0,048). Nous avons appliqué le test de l'analyse de variance à une dimension après avoir transformé les données selon la méthode de FREEMAN-TUKEY :  $[1/2 (\sqrt{x} + \sqrt{x+1})]$ .

Ainsi que l'a montré HILAL (1978), pour *S.nonagrioides*, l'influence de l'alimentation larvaire sur la fécondité n'est pas significative qu'elle soit à base de milieu artificiel ou de tiges de maïs ou encore d'épis.

#### B. FACTEURS AGISSANT DIRECTEMENT SUR L'ADULTE.

##### 3.3. INFLUENCE DE L'ACCOUPLEMENT SUR LA FECONDITE DE LA SESAMIE.

STOCKEL (1973) montre que, chez la femelle vierge de *Sitotroga cerealella* OLIV., il existe une inhibition de comportement de ponte et le rythme de la vitellogenèse diminue jusqu'à sa mort.

LHOSTE et al.(1976) montrent que la femelle vierge de *Laspeyresia pomonella* L. dépose moins d'oeufs que la femelle fécondée, les gonades, chez ces femelles vierges, restent en parfait état et leur activité est simplement réduite.

POITOUT et al. (1972) ont montré que les oeufs pondus par *Earias insulana* BOISD sont presque toujours viables ce qui laisse supposer que les femelles non accouplées ne pondent pas (ou seulement quelques rares oeufs).

Assez souvent, chez les insectes, l'accouplement est accompagné de l'introduction d'un spermatophore, par le mâle, dans la bourse copulatrice de la femelle.

HUIGNARD (1969) pense que, chez *Acanthoscelides obtectus* SAY, les sécrétions provenant des glandes annexes mâles, absorbées par

l'organisme femelle, pourraient agir sur l'ovogenèse, provoquant une augmentation de la fécondité (action chimique). Une distension de la bourse copulatrice ne paraît pas influencer l'ovogenèse chez *A.obtectus* (action nerveuse) ; mais ENGELMANN (1960, in LHOSTE et al. 1976) montre que chez les femelles de *Leucophaea maderae* F., l'implantation d'un spermatophore artificiel dans la bourse copulatrice a les mêmes conséquences qu'un accouplement normal.

Le rôle de l'accouplement dans la stimulation de la ponte est donc bien un phénomène qui semble général.

### 3.3.1. TECHNIQUES D'ETUDES.

Des femelles vierges provenant de notre élevage sur milieu artificiel sont maintenues isolées, sans mâle, dès leur émergence, dans des dispositifs expérimentaux pour l'élevage des adultes. Parallèlement des femelles sont maintenues en présence de mâles, par couple isolé, dès leur émergence. A chaque série d'expériences les oeufs sont comptés. Nous avons observé plusieurs fois que l'accouplement se prolongeait jusqu'en matinée, malgré que l'activité des adultes soit essentiellement crépusculaire (Fig.24).

Après leur mort, les femelles maintenues en présence de mâles, sont disséquées en vue de vérifier que l'accouplement a eu lieu, en observant s'il y a présence ou non d'un spermatophore dans la bourse copulatrice (Fig.25 et 26).

### 3.3.2. RESULTATS.

Nous constatons (Tableau 13) que, pour toutes les femelles vierges, la ponte moyenne est de 26,65 oeufs ; par contre, elle est de 130,55 oeufs pour les femelles accouplées. Nous constatons également que le pourcentage des femelles qui ne pondent pas est de 15 pour les femelles vierges et de 5 pour les femelles accouplées. Les femelles accouplées déposent normalement leurs oeufs sur le support artificiel de ponte ; par contre, les femelles vierges déposent leurs oeufs dans la boîte de Pétri même, ou bien ceux-ci demeurent collés à l'orifice de ponte.

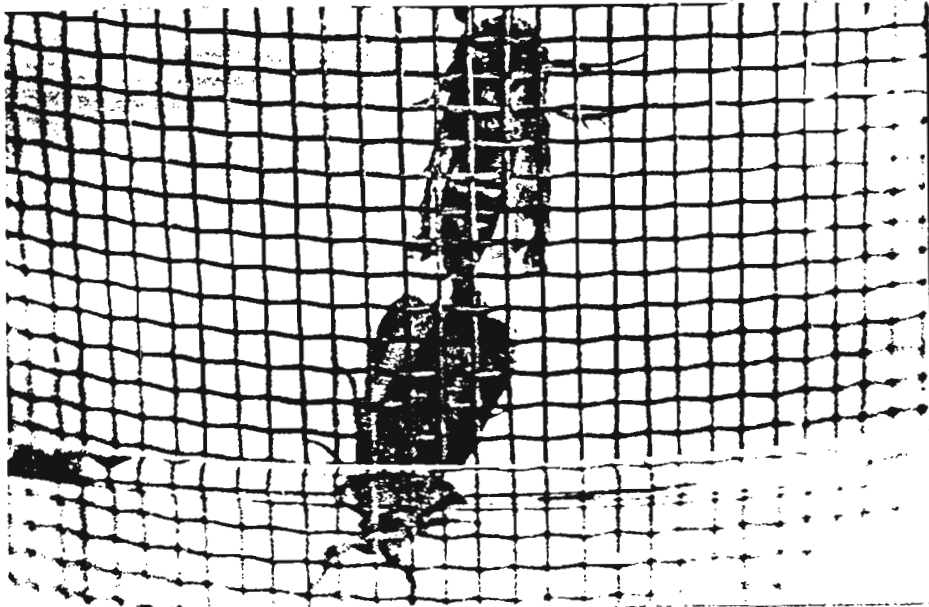


Fig.24 : L'accouplement chez *Sesamia calamistis* Hampson



Fig. 25 : Spermatophore dans la bourse copulatrice (G.x13), chez une femelle accouplée de *Sesamia calamistis* Hampson

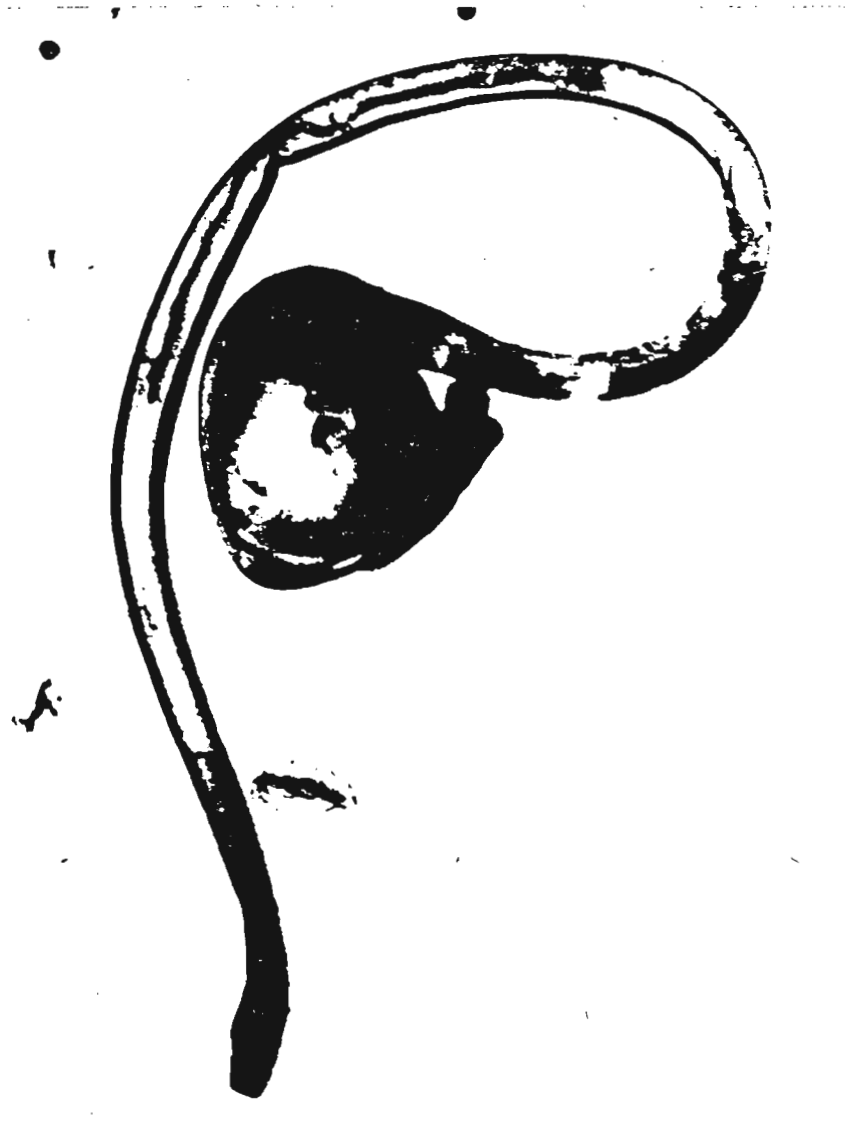


Fig.26 : Spermatophore extrait de la bourse copulatrice (G.x21), chez une femelle accouplée de *Sesamia calamistis* HAMPSON.

**Tableau 13 : Influence de l'accouplement sur la fécondité de la sésamie.**

| N° Ordre | Nombre d'oeufs pondus par |                     |
|----------|---------------------------|---------------------|
|          | Femelles vierges          | Femelles accouplées |
| 1        | 17                        | 139                 |
| 2        | 34                        | 153                 |
| 3        | 13                        | 92                  |
| 4        | 58                        | 73                  |
| 5        | 25                        | 34                  |
| 6        | 6                         | 41                  |
| 7        | 0                         | 120                 |
| 8        | 51                        | 148                 |
| 9        | 4                         | 205                 |
| 10       | 64                        | 210                 |
| 11       | 0                         | 175                 |
| 12       | 20                        | 115                 |
| 13       | 33                        | 154                 |
| 14       | 0                         | 0                   |
| 15       | 44                        | 248                 |
| 16       | 35                        | 292                 |
| 17       | 28                        | 167                 |
| 18       | 37                        | 153                 |
| 19       | 45                        | 12                  |
| 20       | 19                        | 80                  |
| TOTAL    | 533                       | 2611                |
| MOYENNE  | 26,65                     | 130,55              |

L'analyse statistique, pour l'ensemble des données (tableau 13), montre que la différence entre le nombre d'oeufs pondus par femelle vierge et accouplée est significative au seuil de 1% (pour  $DL = 38$ ,  $F = 31,17$ ). Nous avons appliqué le test de l'analyse de variance à une dimension après avoir transformé les données selon la méthode de FREEMAN-TUKEY :  $[1/2 (\sqrt{x} + \sqrt{x+1})]$ .

L'accouplement joue donc un rôle important sur le comportement de ponte chez *Sesamia calamistis* HAMPSON. Il se produit obligatoirement au début de la vie imaginale, car nous avons constaté que, si elles ne sont pas fécondées immédiatement, les femelles refusent ensuite l'accouplement (au moins pendant les trois premiers jours de la vie imaginale, pendant lesquels nous les avons observées).

Rappelons que BRUNEL (1979) a observé ce phénomène chez *Psila rosae* Fab. (Diptère, Psilides). Ce résultat est cependant différent de celui que l'on trouve chez *Laspeyresia pomonella* L. (Tortricidae), (LHOSTE et al. 1976) puisque les femelles vierges de cet insecte, âgées de six jours, acceptent encore l'accouplement. Une ponte est alors déclenchée d'une importance voisine de celle des femelles du même âge normalement fécondées.

Enfin, nous avons observé que les femelles vierges ont une longévité plus grande que les femelles fécondées.

#### 3.4. DEROULEMENT DE L'OVIPOSITION A $27^{\circ} \pm 2^{\circ}C$ .

HILAL (1978) a remarqué, pour *Sesamia nonagrioides* LEF., à  $18^{\circ}C$ , que 50% des oeufs sont pondus durant la deuxième nuit. Ce pourcentage diminue légèrement durant la troisième nuit pour atteindre 25%. Pour la même espèce, LESPES et JOURDAN (1939), au Maroc, ont montré que, dans la nature, les pontes de la sésamie sur le maïs se font à partir de la 3ème nuit, avec une décroissance assez régulière du nombre des oeufs nuit après nuit.

### 3.4.1. TECHNIQUES D'ETUDES.

Nous avons cherché à analyser la distribution des pontes au cours de la vie imaginale de la sésamie à  $27^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ . Des couples de sésamie sont isolés dès leur émergence dans des dispositifs expérimentaux pour l'élevage des adultes. Les oeufs déposés la nuit sont récoltés tous les matins.

### 3.4.2. RESULTATS.

Nous constatons (Tableau 14) que, en moyenne, 56% des oeufs sont pondus durant la deuxième nuit et que ce nombre diminue durant la troisième nuit pour atteindre un pourcentage de 31%.

Ce résultat est en accord avec ceux trouvés par HILAL (1978) pour *Sesamia nonagrioides* LEF.

### 3.5. INFLUENCE DU SUPPORT DE PONTE ET DE SON DEGRE D'IMBIBITION SUR LA FECONDITE DE *SESAMIA CALAMISTIS* HAMPSON.

Nous avons déjà mentionné que *S. calamistis* ne dépose ses oeufs que sous les gaines des plantes de graminées, c'est ainsi que le plant de maïs constitue le substrat idéal (ANGLADE, in HILAL, 1978 ; DIEME, 1978).

Le blocage de l'oviposition et la diminution de la fécondité ont été démontrés chez plusieurs espèces lorsque le support convenable manque. C'est le cas par exemple du *Gelechiidae* : *Scrobipalpa ocellatella* BOYD (ROBERT, 1964), de *Sitotroga cerealella* OLIV. (STOCKEL, 1969), de l'*Hyponomeutidae* : *Acrolepia assectella* ZELLER (CADEILHAN, 1965), des *Silichiidae* : *Zeiraphera diniana* (BENZ, 1969).

Chez les phytophages interviennent divers stimulus (olfactifs, chimiques, tactiles etc.) le manque d'une quelconque de ces stimulations pouvant suffire à éloigner l'insecte d'un support permettant pourtant le développement de ses larves ; cependant, *Hormiophila pseudospretella* STAINT (*Oecophoridae*), étudié par WOODROFFE (1951), dépose un plus grand nombre d'oeufs sur des cailloux, ayant même

Tableau 14 : Etude de l'oviposition, à  $27^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$  et 80 à 90% d'humidité relative, de *Sesamia calamistis* HAMPSON.

| N°<br>Ordre | Nuits |       |       |      |      |      | Longévité<br>en jours             |
|-------------|-------|-------|-------|------|------|------|-----------------------------------|
|             | 1ère  | 2ème  | 3ème  | 4ème | 5ème | 6ème |                                   |
| 1           | -     | 292   | -     | -    | -    | -    | 3                                 |
| 2           | -     | 120   | -     | -    | 29   | -    | 5                                 |
| 3           | -     | 82    | 115   | -    | 36   | -    | 5                                 |
| 4           | -     | 67    | -     | 89   | -    | -    | 4                                 |
| 5           | -     | 82    | 71    | -    | -    | -    | 3                                 |
| 6           | -     | -     | 167   | -    | -    | -    | 4                                 |
| 7           | -     | 209   | 172   | -    | -    | -    | 4                                 |
| 8           | -     | 198   | 143   | -    | -    | -    | 4                                 |
| 9           | -     | -     | 215   | -    | -    | 81   | 6                                 |
| 10          | -     | -     | -     | -    | 80   | -    | 6                                 |
| 11          | -     | 113   | 68    | -    | -    | -    | 4                                 |
| 12          | -     | 210   | -     | 107  | -    | -    | 4                                 |
| 13          | -     | 148   | -     | -    | -    | -    | 3                                 |
| 14          | -     | 137   | 38    | 25   | -    | -    | 4                                 |
| 15          | -     | 139   | -     | -    | -    | -    | 3                                 |
| Total       | 0     | 1797  | 989   | 221  | 145  | 81   | Moy.=4,13                         |
| %           | 0     | 55,58 | 30,59 | 6,84 | 4,49 | 2,51 | Total des<br>oeufs pondus<br>3233 |

La Figure 27 présente la distribution de la ponte de *Sesamia calamistis* Hampson à  $27^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$  et 80 à 90% d'humidité relative.

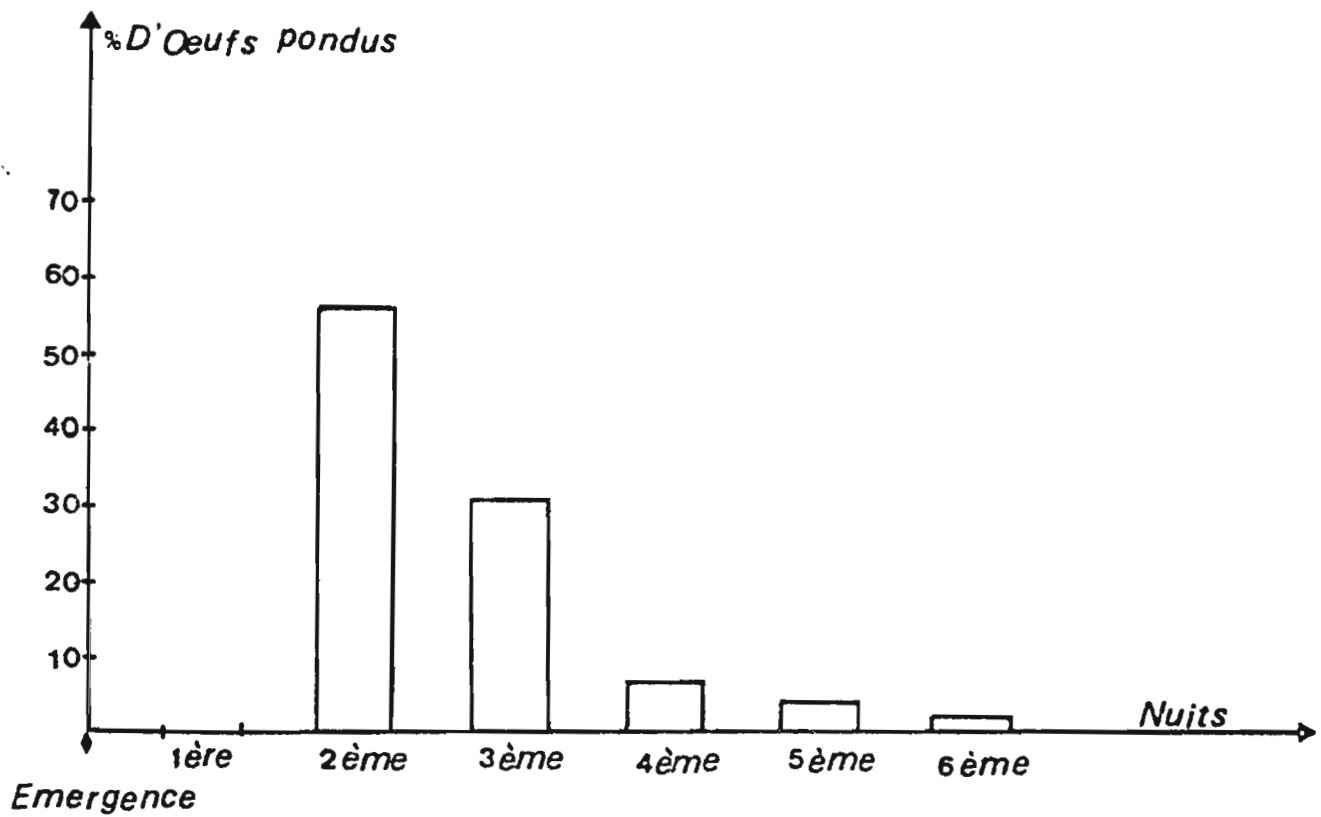


Fig. 27- Pourcentages moyens des oeufs pondus, par nuit, par *S. calanistis* HAMPSON.

forme et même taille que des grains de blé, que sur de grosses graines qui permettraient pourtant le développement des chenilles. CHAUVIN (1971) a montré que, pour les deux lépidoptères, *Tineidae* : *Monopis rusticella* CLERCK et *Trichophaga tapetzella* L., la femelle de *Monopis*, dont les larves ne se développent qu'en humidité forte (supérieure à 60%), choisit son lieu de ponte, selon un critère de forte humidité quoiqu'elle soit aussi attirée par l'odeur de l'aliment larvaire. La femelle de *Trichophaga*, dont les larves peuvent se développer en milieu plus sec (humidité relative inférieure à 50%), est attirée seulement par l'odeur de l'aliment larvaire.

Nous avons d'abord cherché s'il existait une liaison entre la présence de la tige de maïs et la quantité d'oeufs pondus, en fait, nous avons observé que la femelle de *Sesamia calamistis* Hampson ne pouvait convenablement pondre que si elle pouvait insérer son ovipositeur entre deux surfaces rapprochées (Fig.28). Mais cet effet "thigmotactique" n'est pas le seul stimulus et nous avons étudié le rôle du degré d'humidité du support de ponte quant à la quantité d'oeufs pondus.

### 3.5.1. TECHNIQUES D'ETUDES.

Nous avons effectué cette étude à la température et la photopériode habituelles de notre élevage. Les individus testés sont prélevés, dès leur mue imaginale et sont ensuite placés dans des dispositifs expérimentaux pour l'élevage des adultes, par couple séparé.

Les supports naturels sont de jeunes plants de maïs (stade 4 à 5 feuilles) qui ont poussé dans des pots recouverts de manchons de grillage moustiquaire. Les supports synthétiques testés étaient du papier (90 g/m<sup>2</sup>) enroulé en cornets spiralés de 15 cm de long et 1,5 cm de diamètre.

Ensuite, afin d'examiner l'influence du degré d'imbibition de ces supports synthétiques sur la fécondité, nous les avons placés dans deux atmosphères différentes : l'une à 80-90% de degré hygromé-



Fig.28 : Support synthétique de ponte légèrement déroulé pour pouvoir observer les pontes déposées dans la rainure hélicoïdale.

trique, l'autre à 45-50%. Nous avons ensuite mesuré la quantité d'eau adsorbée sur ces supports : durant les 4 jours pendant lesquels ils sont demeurés dans les deux milieux d'hygrométrie différents. Pour cela, nous les avons pesé pour déterminer leur poids frais puis nous les avons laissé durant 24 heures dans une étuve à la température de 100°C, afin de les déshydrater (les poids secs demeurant d'ailleurs constants, passé ces 24 heures).

### 3.5.2. RESULTATS.

Les résultats sont indiqués dans les tableaux 15, 16 et 17 (voir aussi Fig.29).

Les supports naturels ont reçu 21,04% d'oeufs de plus que les supports synthétiques (Tableau 15). Pour savoir si la différence entre le nombre d'oeufs pondus, sur un support naturel et sur un support synthétique, est statistiquement significative ; nous avons appliqué le test de l'analyse de variance à une dimension après avoir transformé les données selon la méthode de FREEMAN-TUKEY :  $[1/2 (\sqrt{x} + \sqrt{x+1})]$ . L'analyse des résultats (Tableau 15) montre que la différence n'est pas significative au seuil de 1% (pour DL. = 14 et F = 1,48).

Enfin, pour déterminer si la quantité d'eau adsorbée sur les supports synthétiques de ponte peut influencer sur la fécondité et si la différence de la fécondité est statistiquement significative, nous avons appliqué le test de l'analyse de variance à une dimension après avoir transformé les données selon la méthode de FREEMAN-TUKEY :  $[1/2 (\sqrt{x} + \sqrt{x+1})]$ . L'analyse des résultats (Tableau 17) montre que la différence est significative au seuil de 1% (pour DL. = 48 et F = 14,60).

Le degré hygrométrique du support de ponte joue donc un rôle important sur la fécondité de *Sesamia calamistis* HAMPSON et la quantité d'eau adsorbée sur les supports synthétiques de ponte a une action stimulatrice sur le choix du lieu de ponte.

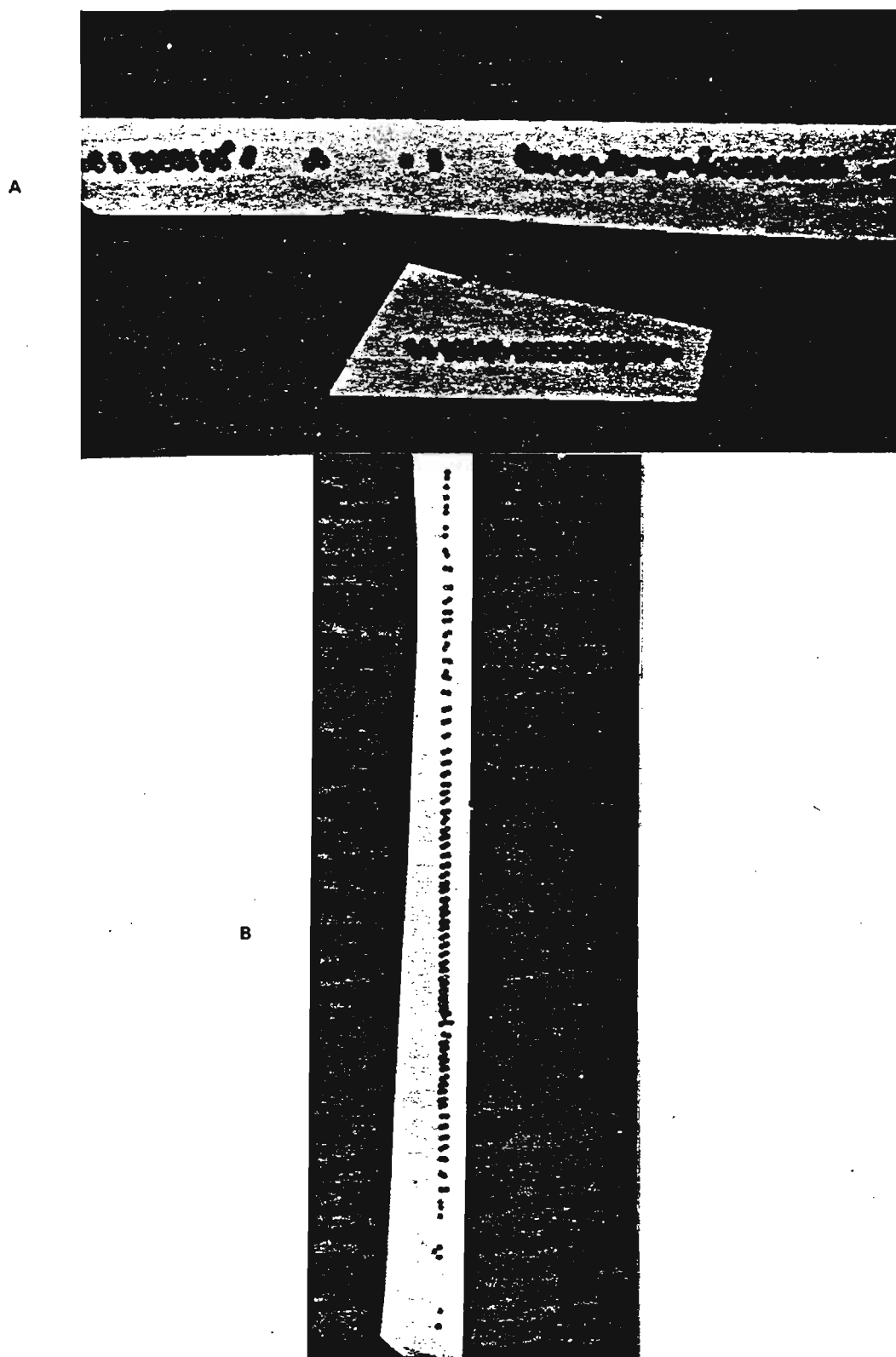


Fig.29 : Ponte de *Sesamia calamistis* HAMPSON, sur un morceau du support artificiel de ponte (A X 3,7 ; B x 1,5).

Tableau 15 : Influence de la présence de tige de maïs sur la fécondité de *Sesamia calamistis* HAMPSON.

| Nombre d'oeufs pondus par femelle sur                       |                                                       |
|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Support naturel (jeune plant de maïs, stade 4 à 5 feuilles) | Support synthétique (degré hygrométrique de) 80 à 90% |
| 178                                                         | 111                                                   |
| 217                                                         | 153                                                   |
| 268                                                         | 185                                                   |
| 71                                                          | 135                                                   |
| 186                                                         | 128                                                   |
| 123                                                         | 91                                                    |
| 107                                                         | 105                                                   |
| 220                                                         | 173                                                   |
| Total : 1370                                                | 1081                                                  |
| Moyenne : 171,25                                            | 135,13                                                |

Tableau 16 : Quantité d'eau adsorbée sur des supports synthétiques, placés durant 4 jours dans des atmosphères différentes.

| Humidité relative 80 à 90%           |                                    |                                      | 45 à 50%                             |                                    |                                      |
|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Poids frais<br>du support<br>(en g.) | Poids sec<br>du support<br>(en g.) | Quantité eau<br>adsorbée<br>(en mg.) | Poids frais<br>du support<br>(en g.) | Poids sec<br>du support<br>(en g.) | Quantité eau<br>adsorbée<br>(en mg.) |
| 2,055                                | 1,750                              | 350                                  | 1,258                                | 1,198                              | 60                                   |
| 1,876                                | 1,577                              | 299                                  | 1,482                                | 1,417                              | 65                                   |
| 1,421                                | 1,203                              | 218                                  | 1,629                                | 1,561                              | 68                                   |
| 1,600                                | 1,340                              | 260                                  | 1,441                                | 1,357                              | 84                                   |
| 1,867                                | 1,557                              | 310                                  | 1,236                                | 1,178                              | 58                                   |
| 1,882                                | 1,563                              | 319                                  | 1,202                                | 1,162                              | 40                                   |
| 1,987                                | 1,649                              | 338                                  | 1,234                                | 1,177                              | 57                                   |
| 1,798                                | 1,528                              | 270                                  | 1,025                                | 0,977                              | 48                                   |
| 1,762                                | 1,505                              | 257                                  | 1,400                                | 1,318                              | 82                                   |
| 1,720                                | 1,451                              | 269                                  | 1,583                                | 1,496                              | 87                                   |
| 1,857                                | 1,566                              | 291                                  | 1,136                                | 1,070                              | 66                                   |
| 1,730                                | 1,467                              | 263                                  | 1,383                                | 1,287                              | 96                                   |
| 1,541                                | 1,247                              | 294                                  | 1,278                                | 1,204                              | 74                                   |
| 1,750                                | 1,484                              | 265                                  | 1,390                                | 1,334                              | 56                                   |
| 1,599                                | 1,341                              | 258                                  | 1,208                                | 1,155                              | 53                                   |
|                                      |                                    | Moyenne :<br>281,07                  |                                      |                                    | Moyenne :<br>66,27                   |

Tableau 17 : Influence du degré d'imbibition des supports synthétiques de ponte sur la fécondité de *Sesamia calamistis* HAMPSON.

| Nombre d'oeufs déposés par femelle sur                              |                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| un support dont la quantité moyenne d'eau adsorbée est de 66,27 mg. | un support dont la quantité moyenne d'eau adsorbée est de 281,07 mg. |
| 91                                                                  | 115                                                                  |
| 118                                                                 | 177                                                                  |
| 161                                                                 | 154                                                                  |
| 80                                                                  | 181                                                                  |
| 70                                                                  | 151                                                                  |
| 180                                                                 | 156                                                                  |
| 66                                                                  | 121                                                                  |
| 112                                                                 | 62                                                                   |
| 111                                                                 | 96                                                                   |
| 91                                                                  | 146                                                                  |
| 96                                                                  | 207                                                                  |
| 125                                                                 | 57                                                                   |
| 51                                                                  | 118                                                                  |
| 63                                                                  | 81                                                                   |
| 71                                                                  | 188                                                                  |
| 92                                                                  | 80                                                                   |
| 72                                                                  | 215                                                                  |
| 57                                                                  | 112                                                                  |
| 153                                                                 | 153                                                                  |
| 73                                                                  | 126                                                                  |
| 139                                                                 | 167                                                                  |
| 52                                                                  | 241                                                                  |
| 98                                                                  | 192                                                                  |
| 120                                                                 | 287                                                                  |
| 83                                                                  | 102                                                                  |
| Total : 2425                                                        | 3685                                                                 |
| Moyenne : 97                                                        | 147,4                                                                |

#### 4. CHAPITRE IV

### EFFETS DE DOSES SUBLETALES DE DIVERS INSECTICIDES SUR LA PHYSIOLOGIE DU DEVELOPPEMENT DES LARVES DE *SESAMIA CALAMISTIS* HAMPSON

#### 4.1. INSECTICIDES UTILISES.

1 - Décaméthrine, 2 - Diméthoate, 3 - Carbofuran.

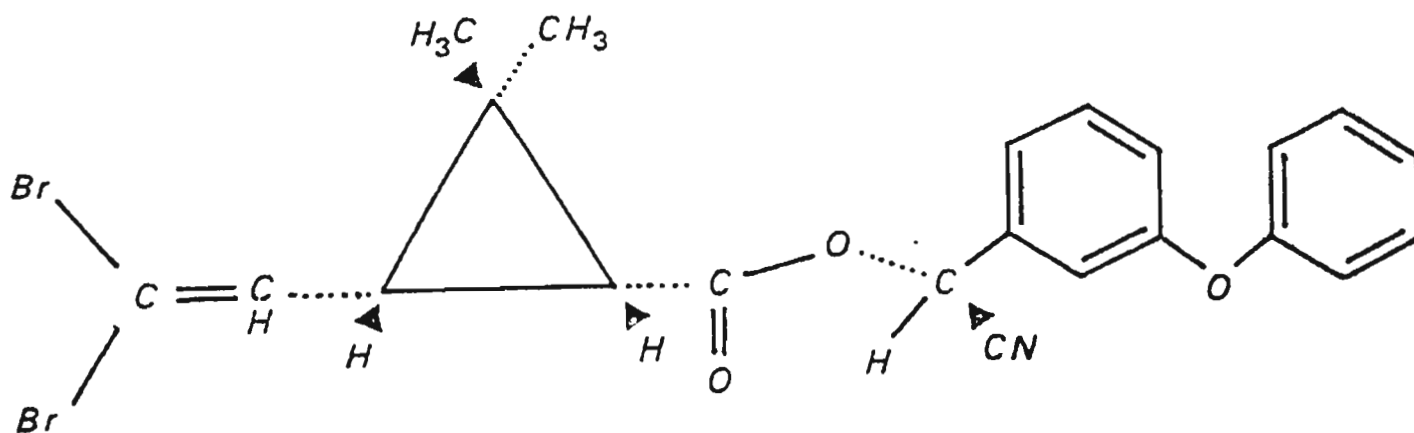
##### 4.1.1. FORMULES ET PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES.

1). Décaméthrine (nom commun) : Pyréthrinoïde de synthèse.

. Nom chimique : d-cis 2,2 -diméthyl-3- (2,2- dibromovinyl)  
cyclo propane carboxylate de 1 alpha cyano-3-phénoxybenzyl.

. Formule brute :  $C_{22} H_{19} Br_2 NO_3$

. Formule développée :



(in LHOSTE, 1977)

. *Dénomination commerciale* : Décis

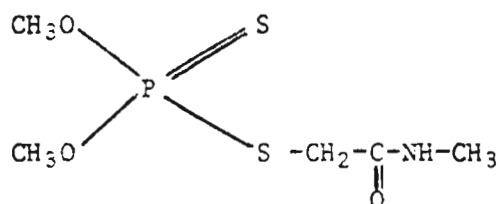
. *Propriétés physico-chimiques* : La décaméthrine se présente sous la forme d'une poudre cristalline blanche, insoluble dans l'eau (< 0,002 ppm.), soluble dans la plupart des solvants organiques et dans les lipides. Elle est photostable.

2). *Diméthoate (nom commun)* : Ester phosphorique.

. *Nom chimique* : Dithiophosphate de O,O diméthyle et de S-(méthyl-carbamoyl-méthyle).

. *Formule brute* :  $C_5H_{12}NO_3PS_2$

. *Formule développée* :



(in FARAH, 1978)

. *Dénominations commerciales* : Perfekthion, Prodathoate, Rogor 50, Sovi-Roxion et Asthoate.

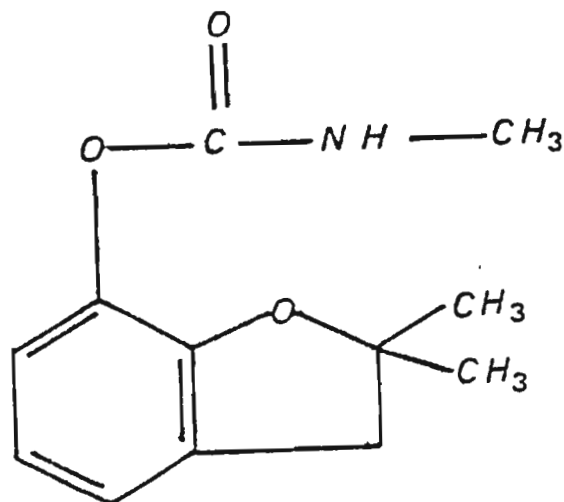
. *Propriétés physico-chimiques* : Le produit pur est un solide incolore. Le produit technique est une huile brun-jaunâtre. Densité : 1,297. Tension de vapeur  $8,5 \times 10^{-6}$  mm Hg à 25°C. Ce produit s'hydrolyse lentement en solution acide, plus rapidement en solution alcaline. Il est légèrement corrosif pour le fer. Il se solubilise aisément dans les solvants organiques, sauf l'éther de pétrole et les huiles minérales. Sa solubilité dans l'eau est de 25 g/l.

3). *Carbofuran (nom commun)* : Carbamate

. *Nom chimique* : 2-3-dihydro-2,2-diméthyl-7-benzofuranyl-N-méthyl carbamate.

. Formule brute :  $C_{12}H_{15}NO_3$

. formule développée :



( in VILLEROY, 1973)

. Dénomination commerciale : Curater

. Propriétés physico-chimiques : Le produit pur se présente sous la forme d'un solide cristallin blanc. Point de fusion : 150°-152°C (produit technique). Tension de vapeur :  $2 \times 10^{-5}$  mmHg à 33°C,  $1,1 \times 10^{-4}$  mmHg à 50°C. Sa solubilité à 25°C, est de 700ppm dans l'eau, 15% dans l'acétone, 12% dans le chlorure de méthylène, 9% dans le cyclohexanone et moins de 1% dans le xylène. Il est stable dans les milieux acides et neutres, légèrement hydrolysable dans les milieux alcalins.

#### 4.1.2. PROPRIETES BIOLOGIQUES.

1). *Deltaméthrine* : Les pyréthrines naturelles sont caractérisées par une très faible toxicité pour les mammifères et un effet de choc (effet Knock down) très marqué sur les insectes, ce qui explique leur intérêt pour les usages ménagers. Par contre, leur pouvoir insecticide n'était pas considérable et surtout leurs molécules sont très instables, notamment sous l'effet de la lumière solaire, ce qui interdit leur usage pour certaines applications agricoles et les confine au seul traitement des denrées entreposées.

CHEN et CASSIDA (1969) ont montré que tous les pyréthri-noïdes décrits jusqu'à cette date sont instables à la lumière et très sensibles à l'oxygène de l'air qui rompt leur molécule. Ce n'est qu'en 1973 qu'ELLIOTT et ses collaborateurs, à Rothamsted (U.K.), ont pu obtenir des composés photostables à très haut niveau d'activité insecticide, donc susceptibles d'être employés sur une vaste échelle dans les domaines agricoles, forestiers et sanitaires (lutte contre les insectes vecteurs de maladies humaines ou du bétail). L'un des plus connus est la dècamèthrine.

Cet insecticide est 1700 fois plus actif sur les mouches domestiques que les pyrèthrines naturelles et 34 fois plus actif que la bioresméthrine (isomère trans de la resméthrine), (MARTEL, 1978). Dans l'étude de quelques pyrèthri-noïdes photostables en arboriculture fruitière présentée par VAN WETSWINKEL et SEUTIN (1979) on peut voir que les doses efficaces sont extrêmement faibles : 6 à 40 fois inférieures à celles des insecticides classiques, la dècamèthrine étant d'ailleurs la plus remarquable à ce sujet. Le mode d'action particulier des pyrèthri-noïdes permet de lutter contre les souches d'insectes résistantes aux autres insecticides, sauf très rares exceptions : ainsi, une résistance élevée a été observée chez les mouches des fermes danoises vis-à-vis des pyrèthri-noïdes de synthèse ; KEINING (1977) a observé chez ces insectes un phénomène de résistance (DL 50 x 1600) à la dècamèthrine. Ces exceptions doivent, néanmoins, être toujours présentes à l'esprit afin de bien recommander toutes les mesures possibles pour prévenir cette apparition de souches résistantes aux pyrèthri-noïdes : éviter les sous ou surdosages, alterner les classes d'insecticides utilisés etc. (LHOSTE, 1977).

La dècamèthrine agit par contact et ingestion sur un grand nombre d'insectes, à des doses très faibles.

Les pyrèthri-noïdes n'agissent pas par voie endothérapique, étant insuffisamment solubles dans l'eau, ils ne sont pas véhiculés par la sève et par conséquent n'agissent pas sur les insectes abrités sous les feuilles, les écorces etc. à l'abri donc des pulvérisations directes.

En plus de leur effet insecticide, remarquable et de leur biodégradabilité, les pyréthrioides présentent un effet antiappétant. Celui-ci peut protéger pendant un certain temps contre les attaques des insectes ; la persistance utile s'étend sur une période allant de 7 à 21 jours, selon les conditions climatiques. Des observations très intéressantes ont été faites sur l'action répulsive de la dècamèthrine vis-à-vis des abeilles (in LHOSTE, 1977).

Cet insecticide présente les avantages de n'avoir pratiquement aucune phytotoxicité et de ne laisser que très peu de résidus toxiques, les quantités retrouvées dans divers végétaux étant toujours inférieures à 0,1 ppm, excepté dans un cas de laitues examinées deux jours après traitement (HASCOËT et ANDRE, 1978 ; MESTRES, 1978).

La dècamèthrine est souvent utilisée en traitement des parties aériennes sous la forme de liquide émulsifiable pour pulvérisation, sur de nombreuses cultures (céréales, cultures légumières, cultures fruitières, cotonnier), à des concentrations faibles : 0,75 g/hl à 1,75 g/hl (in BAILLY et DUBOIS, 1980). Sa toxicité à l'égard des animaux à sang chaud est faible, la DL 50 pour le rat étant de 70-140 mg/kg en application per OS (in LHOSTE, 1977).

Les pyrèthrioides ne semblent pas présenter de danger pour l'homme à condition de les manipuler avec un minimum de soins. Par contre, ils seraient, semble-t-il, dangereux pour les poissons.

. *Formulation utilisée pour nos tests.*

Poudre technique à 97,5%.

2). *Dimèthoate* : Cet insecticide organo-phosphoré, surtout fabriqué en Italie et aux U.S.A., présente des propriétés endotherapiques (ou systématique ou télètoxiques) et agit par contact et ingestion sur de nombreux Acariens et Insectes.

Il présente une bonne rémanence, de 2 à 3 semaines. Il est souvent utilisé en traitement des parties aériennes sous forme de liquide pour pulvérisation, sur de nombreuses cultures (betterave, cultures fruitières, cultures légumières, olivier), à la dose de

500 g de m.a./ha. Son utilisation est en général interdite 7 jours avant la récolte (15 jours pour les légumes, 21 jours pour les olives). Sa DL<sub>50</sub> moyenne pour le rat est de 130 mg/kg (in STREBLER, 1978). Il est dangereux pour le gibier et les abeilles et très dangereux bien sûr pour les entomophages. Son usage répété favoriserait le développement des tétranyques.

. *Formulation utilisée pour nos tests.*

Poudre technique à 100%.

3). *Carbofuran* : Cet insecticide d'origine allemande et américaine est doté de propriétés systémiques et agit par contact, ingestion et de manière plus réduite, par inhalation (in BAILLY et DUBOIS, 1980). Il agit sur de nombreux insectes et possède également une action vis-à-vis des myriapodes et nématodes.

Le carbofuran est expérimenté en France depuis 1971, essentiellement sous forme de granulés à 5% de matière active (Curater), en traitement du sol (VILLEROY et POURCHARESSE, 1975) et aussi avec d'autres formations, par exemple en traitement des semences. La technique du traitement du sol en localisation dans la raie de semis apporte une protection efficace, même en cas de forte attaque, avec des doses de produit réduites jusqu'à dix fois par rapport à la dose qui serait à utiliser en traitement généralisé.

Cet insecticide est très indiqué pour traiter les cultures de riz, de maïs, de betteraves, d'arachides, de pomme de terre, de coton, de légumes, de sorgho, de tournesol, de colza et de chicorée, à la dose de 600 g de m.a./ha, en localisation dans la raie de semis.

En traitement du sol, sa persistance d'action est de l'ordre de 50 jours. Le produit se métabolise dans le sol et dans la plante par oxydation et hydrolyse et se transforme en glucosides et glucuronides non toxiques. Du fait de la dégradation naturelle de la matière active dans le sol, il n'y a donc pas lieu de craindre la présence de résidus toxiques, ni dans la plante et ses sous-produits, ni dans les cultures suivantes. Ce produit n'a pas de propriétés toxiques cumula-

tives ; il n'a pas non plus de propriétés neurotoxiques (in VILLEROY, 1973). Par des tests effectués avec le carbofuran en traitement du sol, à des doses de 1,12 et 2,24 kg/ha., PFRIMMER (1968) a observé, en culture de cotonnier, que, par ce mode d'application, seuls les insectes nuisibles suceurs et broyeurs s'attaquant aux feuilles sont touchés par le produit, les insectes et acariens utiles n'étant pas atteints ; ce serait évidemment à vérifier avec beaucoup de rigueur.

. *Toxicité* : La DL 50 pour le rat, par ingestion, est de 8 à 14 mg/kg. Il est dangereux pour le gibier et les poissons (in BAILLY et DUBOIS, 1980).

. *Formulation utilisée pour nos tests.*

Poudre technique à 100%.

#### 4.1.3. MODE D'ACTION.

1). *Organophosphorés (diméthoate) et Carbamates (carbofuran)*. Ils agissent en inhibant la cholinestérase. Il s'en suit une accumulation de l'acétylcholine au niveau des synapses et un arrêt de la transmission nerveuse. Cependant, les carbamates sont plus sélectifs que les organophosphorés vis-à-vis des insectes et ils présentent une meilleure complémentarité structurale à l'égard du site d'action de l'acétylcholinestérase.

Les carbamates sont moins toxiques pour les vertébrés et particulièrement pour l'homme en raison de l'intense détoxification opérée par les oxydases du foie (METCALF, 1971).

2). *Pyréthrinoïdes (dêcaméthrine)*. Ils perturbent l'influx nerveux en intervenant, par voie électrophysiologique, sur le système neuromusculaire (NARAHASHI, 1976). Il s'en suit une dépolarisation de la membrane nerveuse et un blocage du potentiel d'action de la cellule soumise à une excitation électrique. Ceci explique que de nombreux auteurs n'aient pas décelé de modification morphologique dans les cellules des individus traités (LHOSTE, 1959). On ne décèle pas non plus de modification dans la répartition du sodium ni dans la localisation des zones d'activité des estérases.

YAMAMOTO (1969) estime que les pyréthrinaïdes agissent sur les terminaisons nerveuses sensorielles en provoquant une paralysie passagère ; comme le signale également LHOSTE (1977), les esters d'allethrolone qui agissent très rapidement, provoquent bien une paralysie des insectes, mais de caractère passager. Des enzymes, oxydase et estérase détoxifient les composés de ce groupe, permettant ainsi à l'insecte de survivre.

#### 4.1.4. MODE D'UTILISATION LORS DE NOS TESTS.

Dans tous les travaux d'expérimentation insecticide au laboratoire, les doses des substances à tester sont définies au microgramme de matière active par gramme de poids vif de l'insecte ( $\mu\text{g/g}$ ) ou par insecte.

Pour pouvoir administrer commodément et avec précision la dose choisie, nous appliquons la substance, en solution acétonique, au moyen d'un appareillage connu pour sa grande précision, le microapplicateur automatique ARNOLD (Fig.30), doté d'une seringue micrométrique AGLA permettant le dépôt de faibles volumes de solution allant de 0,1 à 1 microlitre. On trouvera tous les détails sur cet appareillage dans les publications de GRY (1974).

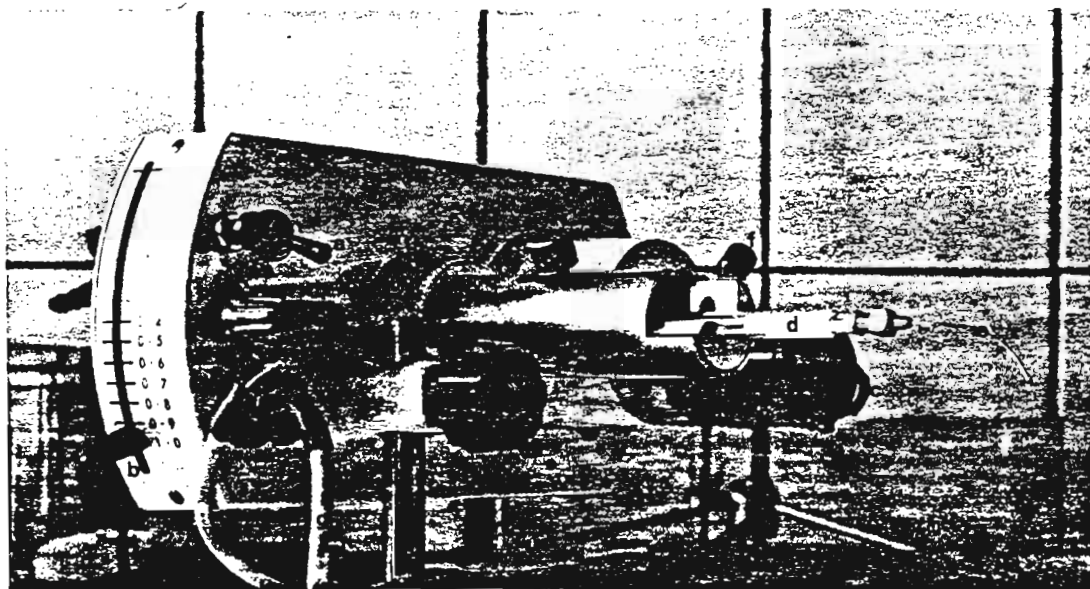


Fig. 30 : Microapplicateur automatique, ARNOLD.

a) Interrupteur général, b) Levier du sélecteur de gouttes, c) Moteur électrique, d) Seringue en verre "AGLA", e) aiguille coudée, f) Boulon de blocage de la seringue, g) Arrivée du courant (12-18 v.).

Lors des essais par contact topique, sur les larves de *Sesamia calamistis* Hampson, la dose est appliquée sur la partie dorsale du thorax de chacune des larves, selon la méthode recommandée par la F.A.O. pour les larves de *Spodoptera littoralis* (N° 8, vol.19, pp.32-1971).

#### 4.1.5. PREPARATION DES SOLUTIONS.

Les substances à tester sont mises en solution dans l'acétone, solvant très employé pour sa grande volatilité. Les solutions sont préparées dans des petites fioles à fermeture rodée, de contenance 10 ml, qui sont fermées hermétiquement à l'aide de parafilm et placées, après leur utilisation, dans un congélateur, à une température de - 20°C afin d'éviter toute dégradation.

Compte tenu des propriétés de la décaméthrine, il est recommandé d'ajouter, à la solution acétonique, 1 partie pour mille d'acide acétique (CARLE, communication personnelle) et de ne pas préparer les solutions trop longtemps à l'avance. Il est également indispensable de les mettre à l'abri de la lumière, ceci pour éviter tout changement de concentration par la dégradation du produit.

#### 4.1.6. CHOIX DE LA DOSE SUBLETALE.

D'après MORIARTY (1969) et RAMADE (1969), une dose sublétalement d'insecticide est celle qui ne provoque pas une mortalité significative dans l'échantillon de la population d'insectes étudiés. Cependant, dans la littérature, on considère généralement qu'un traitement a un effet sublétalement quand il ne provoque pas une mortalité totale de l'échantillon, ce qui laisse subsister une incertitude sur la dose à employer, celle-ci pouvant donc théoriquement varier entre les valeurs extrêmes, 0 à 99% de mortalité. Par exemple une dose létale 50% (DL 50) peut ainsi être considérée comme sublétalement pour les 50% d'individus survivants.

Dans le cadre du présent travail nous avons dénommé "doses sublétales" des doses d'insecticides provoquant une mortalité inférieure à 50%

#### 4.2. ETUDE STATISTIQUE DE L'HOMOGENEITE DU POIDS DES LARVES DU 3EME STADE LARVAIRE DE *SESAMIA CALAMISTIS* HAMPSON.

Pour nos essais, nous avons choisi de tester des larves en début du 3ème stade larvaire, en raison du fait que ces larves sont, durant les deux premiers stades larvaires, trop petites et trop fragiles pour supporter les manipulations exigées par un traitement en contact topique.

Il importe que le poids des individus utilisés dans un test soit relativement homogène et s'écarte peu de la moyenne. A l'aide d'une balance Mettler, nous avons donc pesé individuellement 80 larves prises au hasard, au début du 3ème stade larvaire. Nous avons ensuite calculé la moyenne, la variance, l'écart-type et le coefficient de variabilité (le rapport de l'écart-type et de la moyenne de l'échantillon) exprimé en pourcentage.

Les résultats sont reportés dans le tableau 18, ils montrent que le C.V.% des larves au début du 3ème stade larvaire est de 10,60%. Ce coefficient, inférieur à 20%, montre que le poids des larves, en début du 3ème stade larvaire, est suffisamment homogène pour qu'elles puissent être utilisées dans les tests.

Tableau 18

| Nbre de larves étudiées | Moyenne | Variance | Ecart-type | C.V. %                                    |
|-------------------------|---------|----------|------------|-------------------------------------------|
| 80                      | 11,13   | 1,39     | 1,18       | $\frac{1,18}{11,13} \times 100 = 10,60\%$ |

#### 4.3. EXPERIENCES REALISEES - PROCEDURE EXPERIMENTALE ET RESULTATS.

##### 4.3.1. EFFET DU CARBOFURAN SUR LA PHYSIOLOGIE DU DEVELOPPEMENT DES LARVES DE *SESAMIA CALAMISTIS* HAMPSON.

Pour l'ensemble de ces expériences, les observations ont porté sur les larves qui restent vivantes du début à la fin de chaque essai. Nous avons étudié l'effet du carbofuran sur la croissance pondérale des larves de *S. calamistis*, placées isolément sur milieu artificiel. Pour ce faire, nous avons suivi tous les 2 jours, avec des larves de même âge, au cours du même essai, l'évolution du poids vif de larves non traitées, de larves traitées avec le solvant seul (acétone) et de larves traitées avec une dose de 50µg/g de carbofuran<sup>(1)</sup>.

Les larves sont strictement soumises aux conditions expérimentales précisées au chapitre II. Le traitement est effectué par application topique d'une solution acétonique de carbofuran à raison de 1µl de solution par 20 mg. d'insecte. Le poids moyen des larves était de 11,13±0,13 mg. Chaque lot témoin était composé de 20 larves, mais le lot traité en comprenait 40. Chaque larve fut placée dans un pilulier, sur milieu alimentaire et l'ensemble faisait l'objet de contrôles périodiques pour ce qui concernait le pourcentage de mortalité, le poids vif des larves, les durées de développement larvaire et nymphal et le poids nymphal.

La mortalité observée pour chacun des lots tests est corrigée pour tenir compte du pourcentage de mortalité qui a pu être provoquée par divers autres facteurs, selon la formule d'ABBOTT :

$$\text{Mortalité corrigée} = \frac{\% \text{ mortalité du lot traité} - \% \text{ mortalité du lot témoin}}{100 - \% \text{ mortalité du lot témoin}} \times 100$$

Lorsque la mortalité du lot témoin est inférieure à 5% la correction ne se justifie pas et si elle excède 20%, on doit refaire le

(1). Remarque, nous avons étudié l'effet du solvant (acétone) sur la physiologie du développement des larves de *S. calamistis* afin de rechercher si ce solvant avait éventuellement une action propre.

test en s'efforçant de réduire ou d'éliminer les causes d'une telle anomalie.

Le tableau 19 représente les mortalités cumulées relevées 1,2,4 ... et 20 jours après traitement. Les tableaux 20 et 21 regroupent les moyennes de poids des larves mâles et femelles (avec leurs erreurs standards) relevées tous les 2 jours. Dans le tableau 22, nous comparons, par le test  $t$  de STUDENT, les moyennes des poids des larves mâles et femelles.

Les courbes des figures 31 et 32 représentent respectivement la croissance pondérale des larves femelles et celle des larves mâles de *S. calamistis* d'un lot d'insecte témoin non traité, d'un lot traité par le solvant (acétone) et d'un lot traité avec une dose de 50µg/g de carbofuran.

Le tableau 23 représente les durées moyennes de développement larvaire et nymphal en jours ( $\pm$  les erreurs standards) ainsi que les poids moyens des chrysalides en mg ( $\pm$  leurs erreurs standards). Le tableau 24 représente les pourcentages de larves nymphosées 24, 26... et 38 jours après éclosion. Les diagrammes des figures 33, 34 représentent la nymphose des larves de *S. calamistis* d'un lot d'insectes témoins, d'un lot traité par le solvant (acétone) et d'un lot traité avec une dose de 50µg/g de carbofuran. Il apparaît nettement que, dans les dix jours qui suivent le traitement, les moyennes des poids mesurés des larves femelles et mâles traitées sont inférieures à la moyenne des poids mesurés, aux mêmes dates, des insectes traités par le solvant seul (acétone) et des insectes témoins non traités (voir Tableaux 20, 21 et aussi Fig.31 et 32).

Nous avons appliqué le test  $t$  de STUDENT pour savoir si la différence entre les moyennes des poids dans le lot traité par le carbofuran et le lot traité par le solvant seul (acétone) est significative (Tableau 22).

| Nombre de jours après traitement             | 1  | 2    | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 20 | Mortalité corrigée % |
|----------------------------------------------|----|------|------|------|------|------|------|----|----------------------|
| Lot témoin non traité                        | -  | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 5  | 0%                   |
| Lot traité avec le solvant seul              | -  | -    | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10 | 5,26%                |
| Lot traité à la dose de 50µg/g de carbofuran | 10 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 12,5 | 15 | 5,56%                |

Tableau 19 : Pourcentages des mortalités cumulés pour des larves de *S. calamistis* HAMPSON.

| Nbre jours<br>après<br>éclosion | Nbre de jours<br>après traite-<br>ment | Lot témoin non traité |                                       | Lot traité avec le solvant<br>seul (acétone) |                                       | Lot traité par le carbofuran<br>à la dose de 50µg/g |                                     |
|---------------------------------|----------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|
|                                 |                                        | Effectif              | Moyenne des<br>poids en mg.<br>± E.S. | Effectif                                     | Moyenne des<br>poids en mg.<br>± E.S. | Effectif                                            | Moyenne des<br>poids en mg<br>± E.S |
| 10                              | 0                                      | 10                    | 11,73±0,14                            | 9                                            | 11,00±0,36                            | 17                                                  | 11,20±0,18                          |
| 12                              | 2                                      | 10                    | 36,80±1,78                            | 9                                            | 34,56±2,08                            | 17                                                  | 24,47±2,71                          |
| 14                              | 4                                      | 10                    | 44,80±3,86                            | 9                                            | 38,55±2,24                            | 17                                                  | 25,82±2,36                          |
| 16                              | 6                                      | 10                    | 132,10±4,37                           | 9                                            | 115,44±6,83                           | 17                                                  | 83,88±11,01                         |
| 18                              | 8                                      | 10                    | 202,70±10,42                          | 9                                            | 187,22±4,92                           | 17                                                  | 122,06±13,56                        |
| 20                              | 10                                     | 10                    | 235,20±13,55                          | 9                                            | 201,78±5,75                           | 17                                                  | 157,18±15,36                        |
| 22                              | 12                                     | 10                    | 218,10±17,26                          | 9                                            | 228,22±13,63                          | 17                                                  | 204,88±17,09                        |
| 24                              | 14                                     | 10                    | 201,36±13,72                          | 9                                            | 213,56±9,52                           | 17                                                  | 206,76±13,87                        |
| 26                              | 16                                     | 9                     | 188,30±12,62                          | 9                                            | 209,22±10,04                          | 15                                                  | 200,17±13,02                        |
| E.S. = Erreur standard.         |                                        |                       |                                       |                                              |                                       |                                                     |                                     |

Tableau 20 : Croissance pondérale des larves femelles de *S. calamistis* , après traitement par le carbofuran avec une dose de 50µg/g.

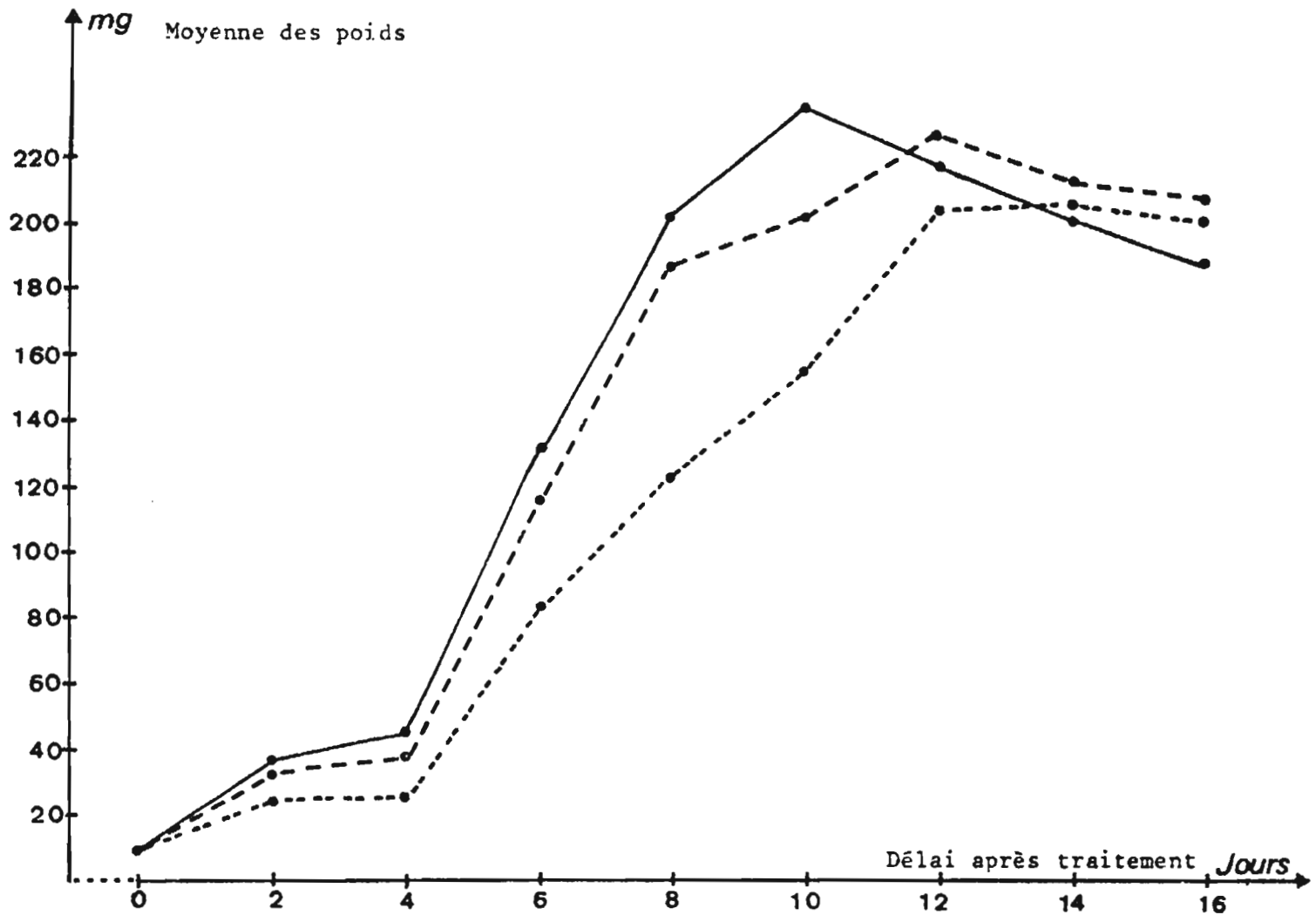
| Nbre jours<br>après<br>éclosion | Nbre de jours<br>après traite-<br>ment | Lot témoin non traité |                                      | Lot traité avec le solvant<br>seul (acétone) |                                      | Lot traité au carbofuran à<br>la dose de 50µg/g |                                      |
|---------------------------------|----------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|
|                                 |                                        | Effectif              | Moyenne des<br>poids en mg<br>± E.S. | Effectif                                     | Moyenne des<br>poids en mg<br>± E.S. | Effectif                                        | Moyenne des<br>poids en mg<br>± E.S. |
| 10                              | 0                                      | 9                     | 10,67±0,25                           | 9                                            | 11,44±0,50                           | 17                                              | 11,00±0,22                           |
| 12                              | 2                                      | 9                     | 31,44±2,80                           | 9                                            | 29,67±4,70                           | 17                                              | 25,65±2,21                           |
| 14                              | 4                                      | 9                     | 33,89±2,98                           | 9                                            | 34,22±4,95                           | 17                                              | 30,65±2,99                           |
| 16                              | 6                                      | 9                     | 99,89±6,30                           | 9                                            | 85,78±10,63                          | 17                                              | 83,29±6,77                           |
| 18                              | 8                                      | 9                     | 150,67±7,49                          | 9                                            | 155,56±15,54                         | 17                                              | 129,82±9,89                          |
| 20                              | 10                                     | 9                     | 172,11±7,61                          | 9                                            | 174,22±13,08                         | 17                                              | 161,71±13,32                         |
| 22                              | 12                                     | 9                     | 159,22±7,72                          | 9                                            | 152,44±13,25                         | 17                                              | 164,56±7,11                          |
| 24                              | 14                                     | 9                     | 140,56±5,02                          | 8                                            | 146,13±10,19                         | 16                                              | 152,71±8,59                          |
| 26                              | 16                                     | 6                     | 116,50±3,50                          | 6                                            | 140,67±7,07                          | 10                                              | 142,50±5,98                          |
| E.S. = Erreur standard          |                                        |                       |                                      |                                              |                                      |                                                 |                                      |

Tableau 21 : Croissance pondérale des larves mâles de *S. calamistis*,  
après traitement par le carbofuran avec une dose de 50µg/g

Tableau 22 : Comparaison des moyennes des poids larvaires par le test t de STUDENT

| Nombre de jours<br>après<br>traitement | Larves mâles  |               | Larves femelles |               |
|----------------------------------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|
|                                        | To - A        | A - Tr        | To - A          | A - Tr        |
| 2                                      | t = 0,34 N.S. | t = 0,93 N.S. | t = 0,87 N.S.   | t = 2,61 S.   |
| 4                                      | t = 0,06 N.S. | t = 0,68 N.S. | t = 1,43 N.S.   | t = 3,63 H.S. |
| 6                                      | t = 1,21 N.S. | t = 0,21 N.S. | t = 2,03 N.S.   | t = 2,08 S.   |
| 8                                      | t = 0,38 N.S. | t = 1,52 N.S. | t = 1,37 N.S.   | t = 3,51 H.S. |
| 10                                     | t = 0,29 N.S. | t = 0,63 N.S. | t = 2,29 S.     | t = 2,12 S.   |
| 12                                     | -             | -             | t = 0,48 N.S.   | t = 0,94 N.S. |

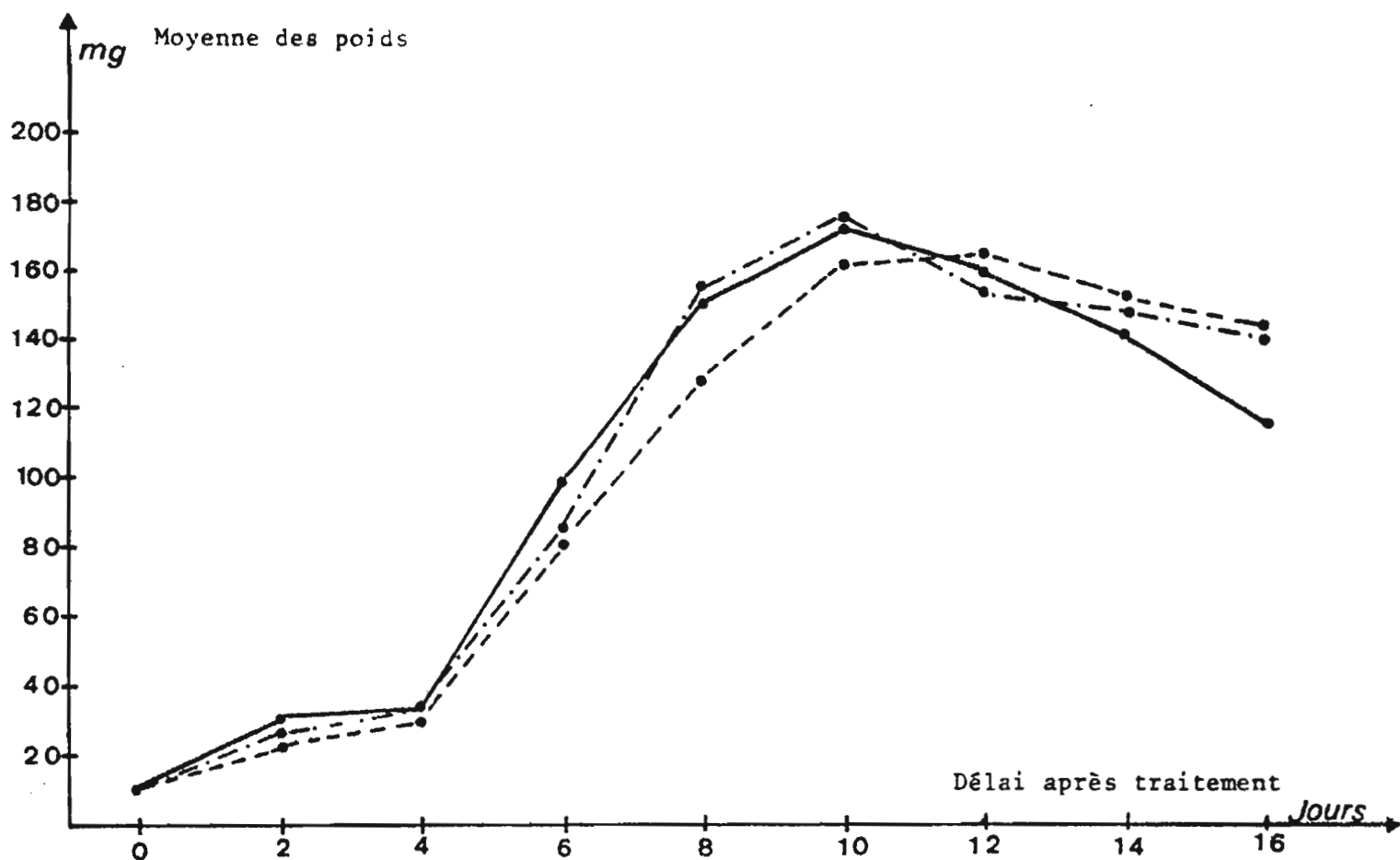
Légende : To = Lot témoin non traité ; A = Lot traité à l'acétone seule ; Tr : Lot traité au carbofuran à la dose de 50µg/g ; N.S. Non significatif ; S = Significatif ; H.S. Hautement significatif.



**Fig.31-** Croissance pondérale des larves femelles de *S. calamistis* placées isolément après traitement.

- (●—●) Lot témoin non traité
- (- - -●) Lot traité avec le seul solvant
- (● - - ●) Lot traité avec une dose de 50 µg/g de carbofuran

Chaque point représente le poids moyen pour 17 à 9 larves.



**Fig-32** - Croissance pondérale des larves mâles de *S. calanistis* placées isolément après traitement.

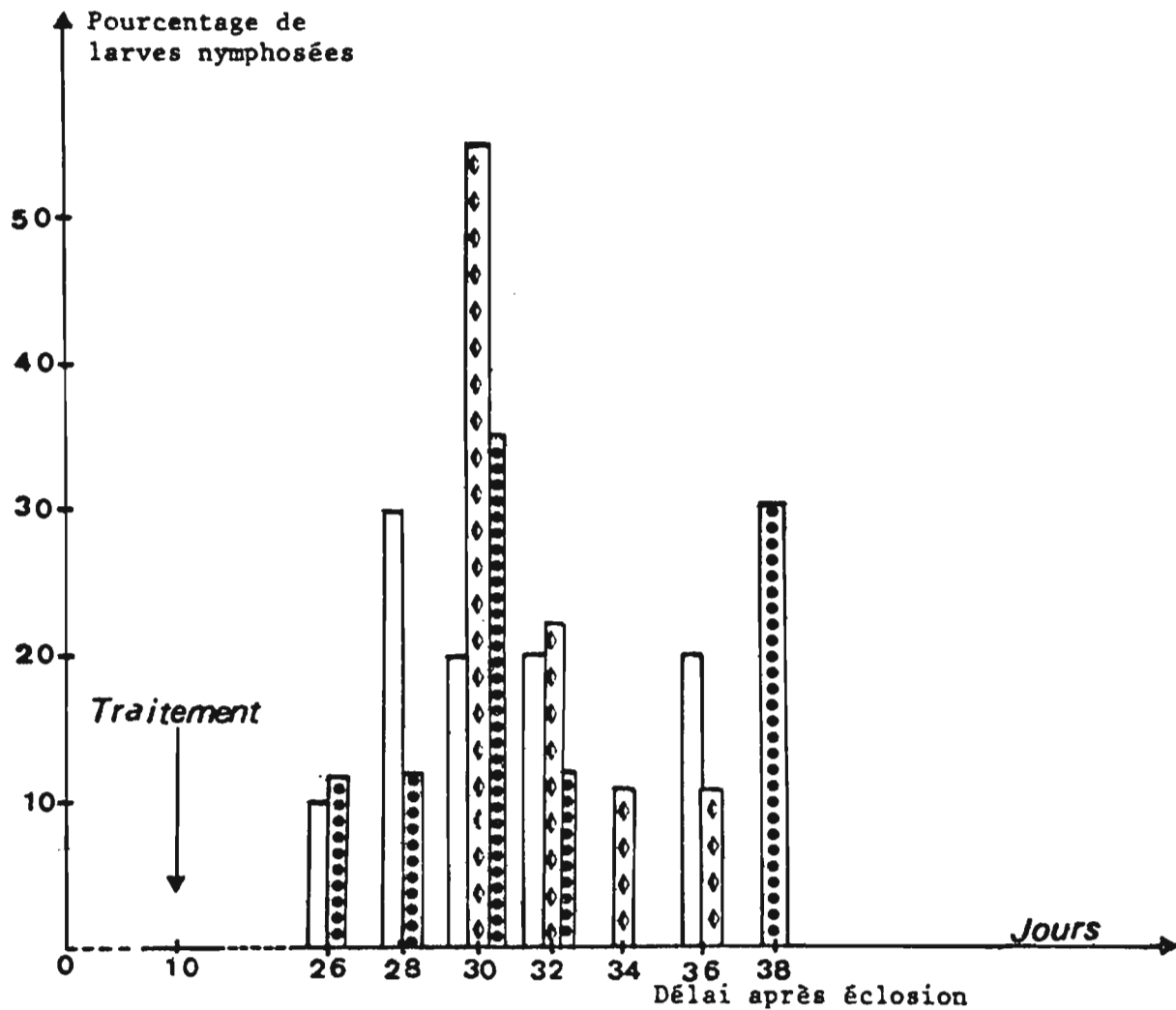
- (—●—) Lot témoin non traité
  - (---●---) Lot traité avec le seul solvant
  - (-.-.-●-.-.-) Lot traité avec une dose de 50ug/g de carbofuran
- Chaque point représente le poids moyen pour 17 à 6 larves.

**TABEAU 23.** Durées moyennes des développements larvaire et nymphal en jours et poids moyens des chrysalides en mg (+ leurs erreurs standards).

|                                               | Durées moyennes du développement larvaire en jours |                 | Durées moyennes du développement nymphal en jours |                 | Poids moyens des chrysalides en mg |                    |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------|--------------------|
|                                               | ♂                                                  | ♀               | ♂                                                 | ♀               | ♂                                  | ♀                  |
| Lot témoin non traité                         | 28,4 $\pm$ 0,85                                    | 30,6 $\pm$ 1,14 | 10,9 $\pm$ 0,25                                   | 11,9 $\pm$ 0,41 | 115,00 $\pm$ 3,48                  | 157,60 $\pm$ 10,30 |
| Lot traité avec le solvant (acétone)          | 29,3 $\pm$ 1,32                                    | 31,6 $\pm$ 0,77 | 10,4 $\pm$ 0,36                                   | 11,2 $\pm$ 0,48 | 112,00 $\pm$ 6,86                  | 181,44 $\pm$ 15,84 |
| Lot traité au carbofuran à la dose de 50 µg/g | 28,7 $\pm$ 0,88                                    | 31,9 $\pm$ 1,09 | 10,5 $\pm$ 0,17                                   | 11,5 $\pm$ 0,26 | 124,53 $\pm$ 3,67                  | 174,18 $\pm$ 10,20 |

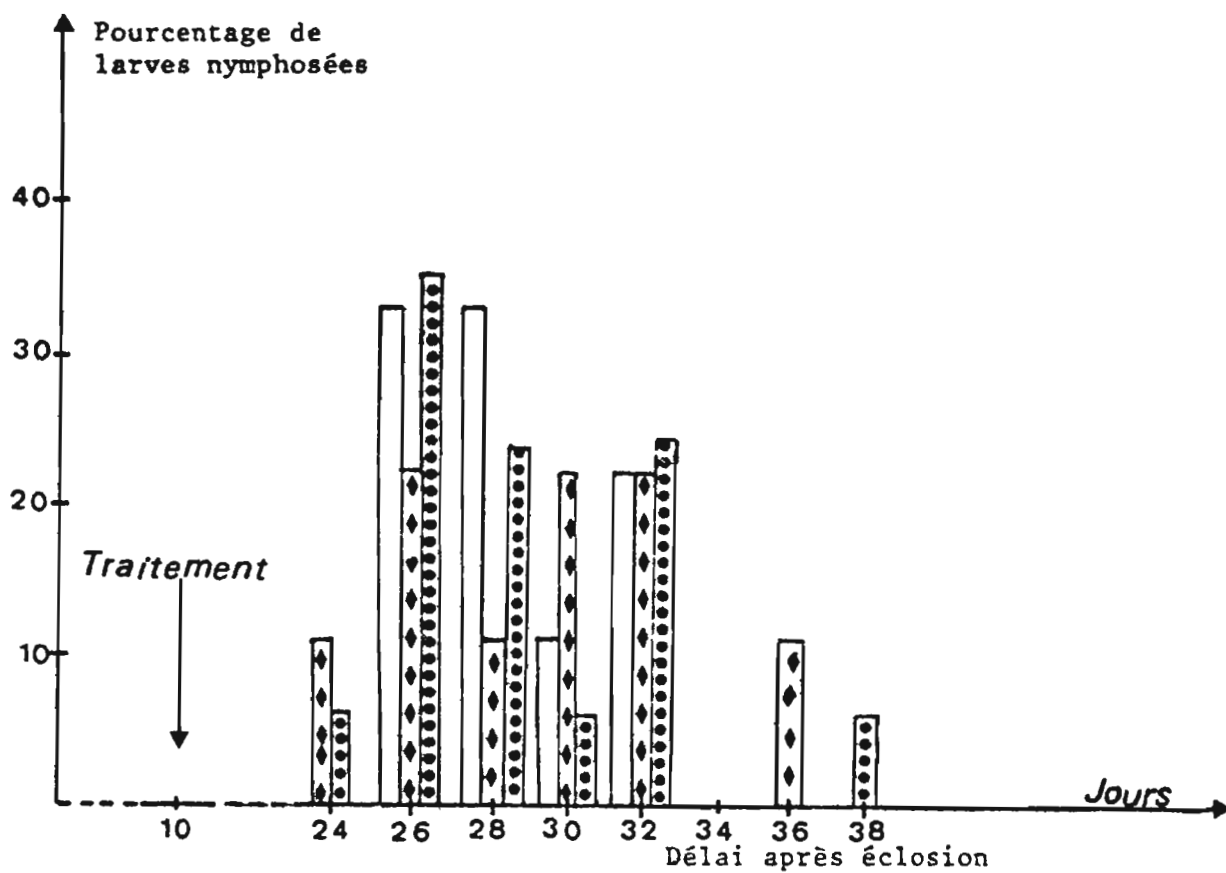
TABIEAU 24. Pourcentages de larves nymphosées pour des larves de *S. calamistis* HAMPSON.

| Nombre de jours<br>après éclosion                              | 24    |   | 26    |       | 28    |       | 30    |       | 32    |       | 34 |       | 36    |       | 38   |       |
|----------------------------------------------------------------|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|------|-------|
|                                                                | ♂     | ♀ | ♂     | ♀     | ♂     | ♀     | ♂     | ♀     | ♂     | ♀     | ♂  | ♀     | ♂     | ♀     | ♂    | ♀     |
| Lot témoin non<br>traité                                       | -     | - | 33,33 | 10    | 33,33 | 30    | 11,11 | 20    | 22,22 | 20    | -  | -     | -     | 20    | -    | -     |
| Lot traité par<br>le solvant<br>(acétone)                      | 11,11 | - | 22,22 | -     | 11,11 | -     | 22,22 | 55,56 | 22,22 | 22,22 | -  | 11,11 | 11,11 | 11,11 | -    | -     |
| Lot traité par<br>le carbofuran<br>avec une dose<br>de 50 µg/g | 5,88  | - | 35,29 | 11,76 | 23,53 | 11,76 | 5,88  | 35,29 | 23,53 | 11,76 | -  | -     | -     | -     | 5,88 | 29,41 |



**Fig.33-** Diagramme de nymphose des larves femelles de *Sesamia calamistis* HAMPSON après traitement au début du troisième stade larvaire.

- (□) Lot témoin non traité
- (▢) Lot traité avec le solvant seul
- (▣) Lot traité au carboturan à la dose de 50 µg/g



**Fig. 34** - Diagramme de nymphose des larves mâles de *Sesamia calamistis* HAMPSON après traitement au début du troisième stade larvaire.

-(  ) Lot témoin non traité

-(  ) Lot traité avec le solvant seul (acétone)

-(  ) Lot traité au carbofuran à la dose de 50µg/g

Nous avons appliqué le même test pour comparer les moyennes des poids des larves traitées avec le solvant seul (acétone) et celles du lot témoin non traité (tableau 22).

L'examen de ce tableau montre que la différence entre les moyennes des poids de larves femelles dans le lot traité avec carbofuran et le lot traité au solvant seul (acétone) est significative, à partir du deuxième jour qui suit le traitement. Après le dixième jour qui suit le traitement, les différences entre ces moyennes ne sont plus significatives essentiellement parce que les larves du lot témoin commencent à entrer en prénymphose et que leur poids moyen diminue. Ainsi, le carbofuran manifeste réellement un effet inhibiteur sur la croissance des larves femelles de *S. calamistis*. Par contre, la différence entre lot témoin et lot traité au carbofuran n'est pas significative pour ce qui concerne les larves mâles, ni pour les larves mâles et femelles entre les lots traités par le solvant seul (acétone) et les lots témoins non traités. L'acétone est donc un produit neutre, n'exerçant pas d'effet sur la croissance pondérale des larves de *S. calamistis*.

L'examen du tableau 23 montre que la variation des durées moyennes de développement larvaire et nymphal est très peu importante, alors que la différence des poids moyens des chrysalides l'est davantage, surtout chez les femelles. Pour étudier cette différence de poids, nous avons appliqué le test  $t$  de STUDENT et les résultats sont les suivants :

*Comparaison des moyennes des poids des chrysalides.*

Pour les chrysalides femelles : A-To :  $t = 1,36$  N.S., A-Tr :  $t = 0,42$  N.S.

Pour les chrysalides mâles : A-To :  $t = 0,41$  N.S., A-Tr :  $t = 1,85$  N.S.

Chez les larves traitées au carbofuran, la période de nymphose se prolonge, notamment chez les larves mâles. Ainsi, la nymphose des larves mâles s'échelonne sur 16 jours pour le lot traité au carbofuran, sur 12 jours pour le lot traité par le solvant seul (acétone) et sur 8 jours pour le lot témoin non traité.

Le tableau 24 et les diagrammes des figures 33 et 34 représentent la variation, en pourcentage de larves nymphosées, du délai entre l'éclosion de l'oeuf et la nymphose.

#### 4.3.2. EFFET DE LA DECAMETHRINE SUR LA PHYSIOLOGIE DU DEVELOPPEMENT DES LARVES DE *SESAMIA CALAMISTIS* HAMPSON.

Etant donné que l'acétone a déjà été présentée un produit neutre et n'exerçant aucun effet sur la physiologie du développement des larves de *S. calamistis*, nous avons éliminé le lot témoin non traité, de cet essai.

La technique d'étude est la même que pour l'essai précédent. La dose de dècaméthrine choisie était de 1µg/g d'insecte. Le tableau 25 représente les mortalités cumulées relevées 2,3,9... et 20 jours après traitement

Les tableaux 26 et 27 regroupent les moyennes de poids des larves (avec leurs erreurs standards) relevés 3,8,12 et 15 jours après traitement, pour des larves femelles et mâles.

Le tableau 28 compare, par le test  $t$  de STUDENT, les moyennes des poids mesurés.

Les courbes des figures 35 et 36 représentent respectivement la croissance pondérale des larves femelles et celle des larves mâles de *S. calamistis* d'un lot d'insecte témoin traité par le solvant et d'un lot traité par la dècaméthrine à la dose de 1µg/g.

Tableau 28 : Comparaison des moyennes des poids larvaires par le test  $t$  de STUDENT.

| Nombre de jours après traitement | Pour les larves femelles<br>A - Tr | Pour les larves mâles<br>A - Tr |
|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 3                                | $t = 0,74$ N.S.                    | $t = 0,84$ N.S.                 |
| 8                                | $t = 0,88$ N.S.                    | $t = 0,76$ N.S.                 |
| 12                               | $t = 0,69$ N.S.                    | $t = 0,81$ N.S.                 |
| 15                               | $t = 2,38$ S.                      | $t = 2,16$ N.S.                 |

N.S. = Non significatif ; S. = Significatif

| Nombre de jours<br>après traitement                    | 2   | 3   | 9   | 13  | 16  | 20  | Mortalité<br>corrigée % |
|--------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------|
| Lot traité par la dècamè-<br>thrine à la dose de 1µg/g | 15% | 25% | 30% | 30% | 30% | 30% | 22,22%                  |
| Lot traité avec le seul<br>solvant (acétone) : témoin  | 0%  | 0%  | 5%  | 10% | 10% | 10% | %                       |

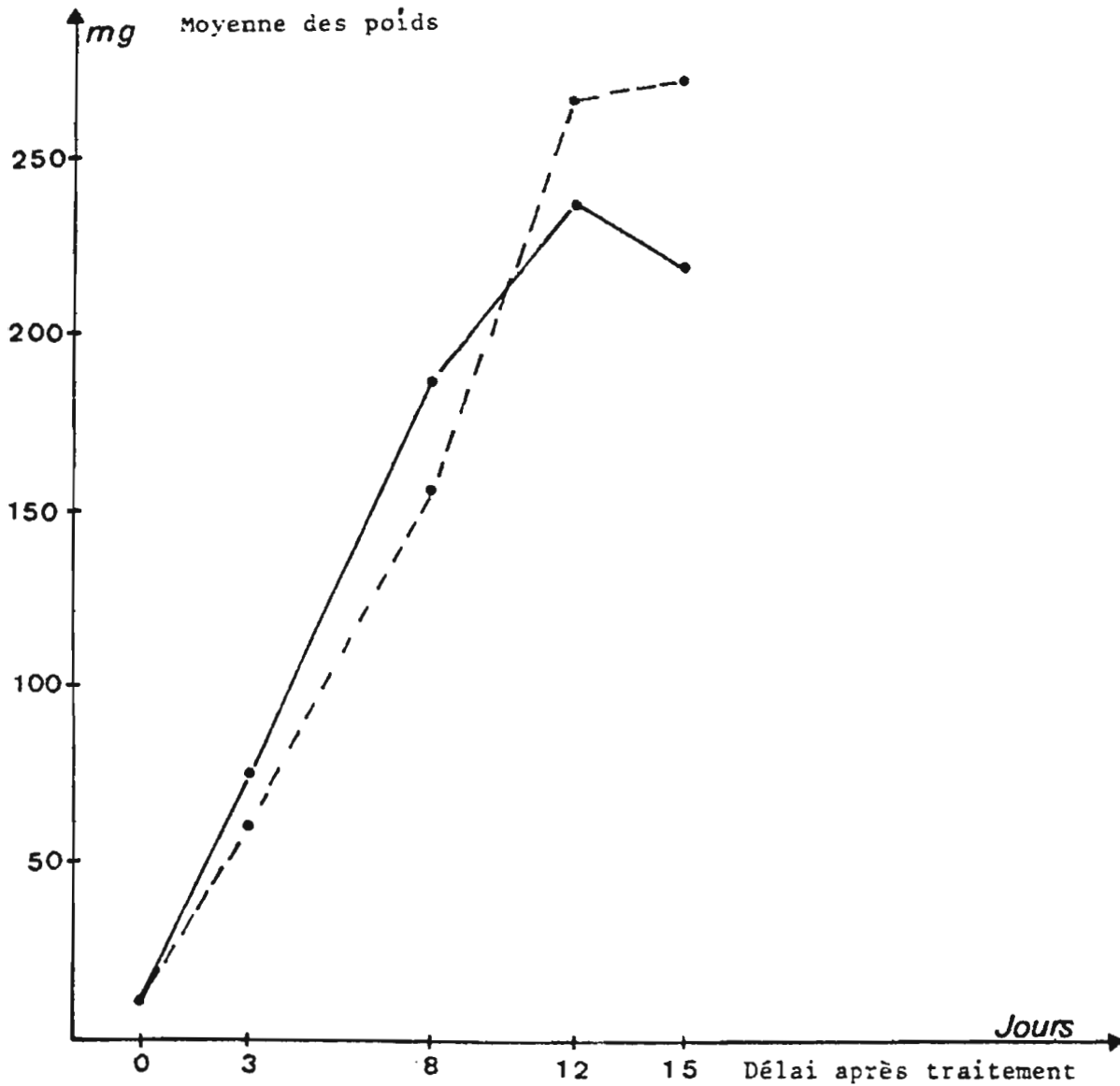
Tableau 25 : Pourcentages de mortalités cumulées pour  
des chenilles de *Sesamia calamistis* HAMPSON.

| Nbre de jours<br>après<br>éclosion | Nbre de jours<br>après traite-<br>ment | Lot témoin traité avec<br>le solvant seul (acétone) |                                      | Lot traité avec la<br>décaméthrine à la dose de 1µg/g |                                      |
|------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|
|                                    |                                        | Effectif                                            | Moyenne des<br>poids en mg<br>± E.S. | Effectif                                              | Moyenne des<br>poids en mg<br>± E.S. |
| 13                                 | 3                                      | 10                                                  | 75,00 ± 11,12                        | 6                                                     | 62,17 ± 15,07                        |
| 18                                 | 8                                      | 10                                                  | 186,90 ± 21,43                       | 6                                                     | 156,33 ± 32,13                       |
| 22                                 | 12                                     | 10                                                  | 237,90 ± 22,60                       | 6                                                     | 267,17 ± 46,91                       |
| 25                                 | 15                                     | 10                                                  | 220,60 ± 13,41                       | 6                                                     | 273,83 ± 21,57                       |

Tableau 26 : Croissance pondérale des larves ♀ de *Sesamia Calamistis*,  
après traitement à la décaméthrine à la dose de 1µg/g.

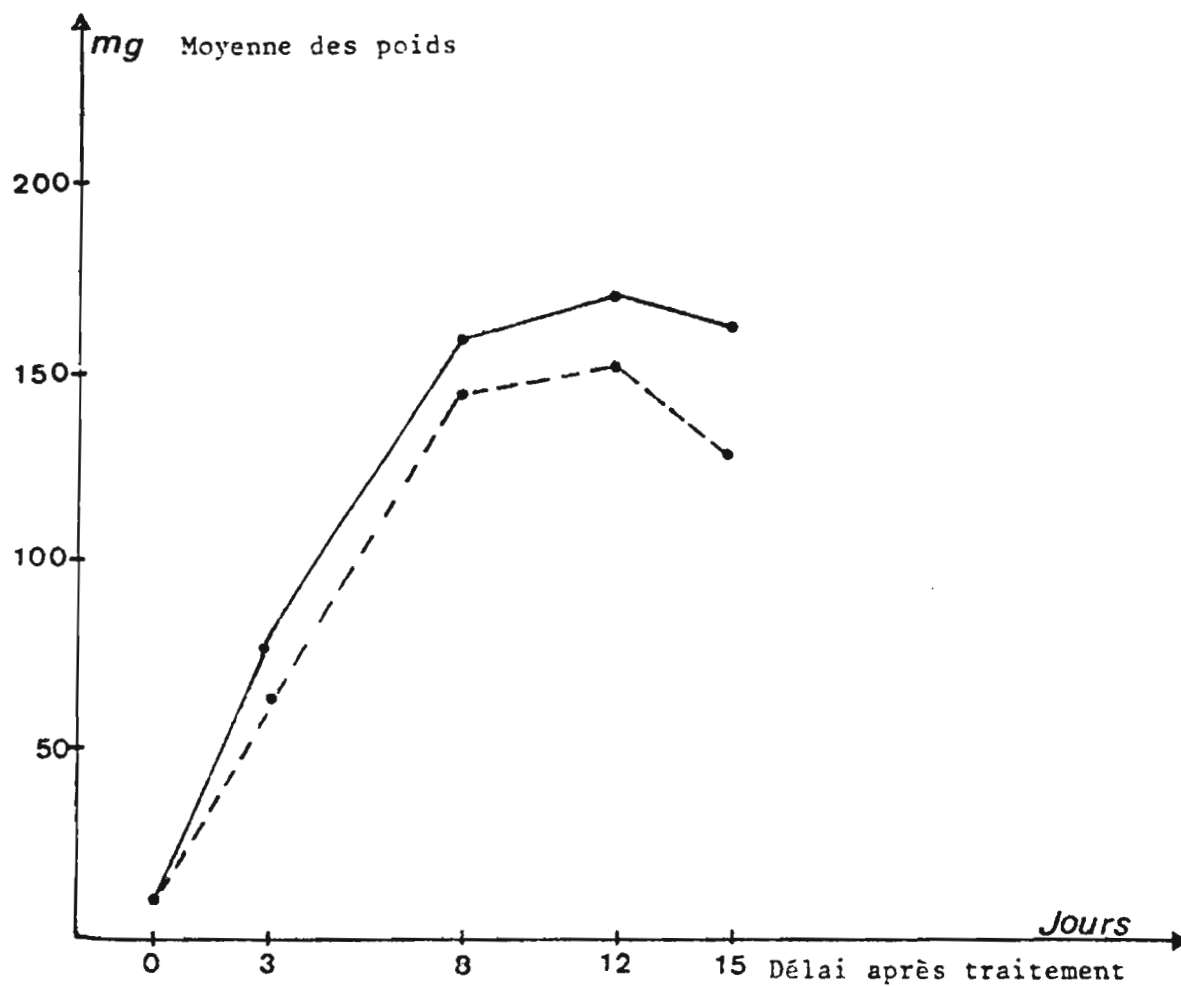
| Nb de jours<br>après<br>éclosion | Nb de jours<br>après traite-<br>ment | Lot témoin traité avec<br>le solvant seul (acétone) |                                      | Lot traité avec la<br>décaméthrine à la dose de 1µg/g |                                      |
|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|
|                                  |                                      | Effectif                                            | Moyenne des<br>poids en mg<br>± E.S. | Effectif                                              | Moyenne des<br>poids en mg<br>± E.S. |
| 13                               | 3                                    | 8                                                   | 78,75 ± 15,23                        | 8                                                     | 64,50 ± 9,50                         |
| 18                               | 8                                    | 8                                                   | 159,38 ± 13,92                       | 8                                                     | 145,00 ± 14,65                       |
| 22                               | 12                                   | 8                                                   | 170,50 ± 15,92                       | 8                                                     | 152,38 ± 17,65                       |
| 25                               | 15                                   | 6                                                   | 163,83 ± 13,71                       | 7                                                     | 126,71 ± 12,64                       |

Tableau 27 : Croissance pondérale des larves ♂ de *Sesamia calamistis*,  
après traitement par la décaméthrine à la dose de 1µg/g



**Fig-35-** Croissance pondérale des larves femelles de *Sesamia calamistis* HAMPSON, placées isolément après traitement.

- (—●—) Lot témoin traité par le solvant seul
- (- - -●- - -) Lot traité par la dactaméthrine à la dose de 1 µg/g



**Fig-36** - Croissance pondérale des larves mâles de *Sesamia calanistis* HAMPSON, placées isolément après traitement.

— (●—●) Lot témoin traité par le solvant seul

- (●---●) Lot traité par la dècaméthrine à la dose de 1 µg/g

Le tableau 29 représente les durées moyennes de développement larvaire en jours ( $\pm$  les erreurs standards), ainsi que les poids moyens des chrysalides en mg ( $\pm$  leurs erreurs standards).

Le tableau 30 représente les pourcentages de larves nymphosées 23, 24... et 46 jours après éclosion de l'oeuf.

Les diagrammes des figures 37 et 38 représentent les délais entre l'éclosion de l'oeuf et la nymphose de larves de *S. calamistis* d'un lot d'insecte témoin (traité par le seul solvant) et d'un lot traité à la dècamèthrine à la dose de 1µg/g.

L'examen des tableaux 26 et 27 montre que, dans les 8 jours qui suivent le traitement, les moyennes des poids des larves femelles et mâles traitées par la dècamèthrine sont inférieures à la moyenne des poids relevés à la même date pour les larves traitées avec le seul solvant. Par contre, dès le 12ème jour et pour les larves mâles, les moyennes des poids de larves traitées à la dècamèthrine restent inférieures à la moyenne des poids des larves traitées par le solvant seul.

Nous avons appliqué le test  $t$  de STUDENT pour savoir si la différence entre les moyennes des poids dans le lot traité par la dècamèthrine à la dose de 1µg/g et le lot témoin traité par le solvant seul est significative. Les résultats sont présentés dans le tableau 28. L'examen de ce tableau montre que la différence entre les moyennes des poids de larves femelles et mâles dans le lot traité à la dècamèthrine et celles du lot traité par le solvant seul n'est pas significative jusqu'à 12 jours après traitement.

Après le 12ème jour qui suit le traitement, les différences entre les moyennes, pour les larves femelles, deviennent significatives, car les larves du lot témoin commencent à entrer en prénymphose et que leur poids moyen diminue.

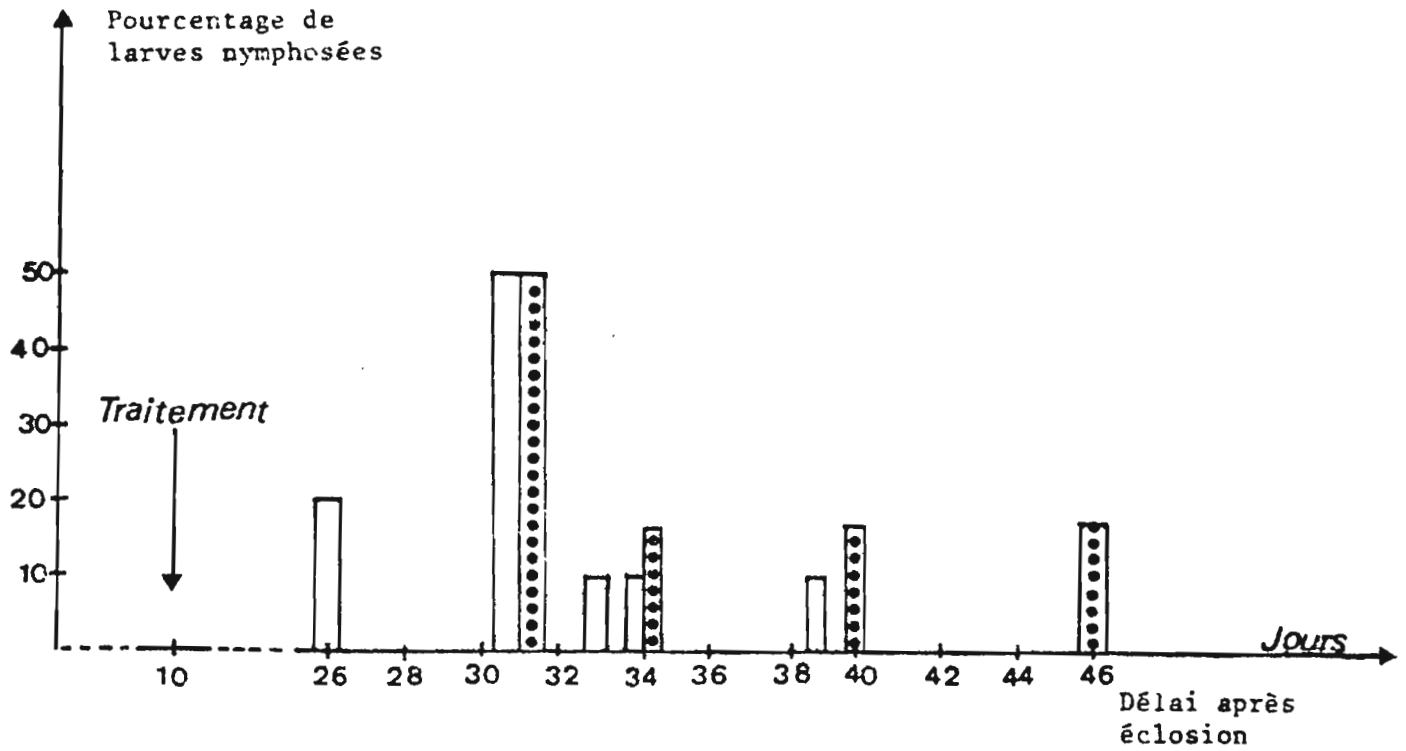
Pour montrer l'effet inhibiteur de la dècamèthrine, sur la croissance des larves de *S. calamistis* traitées, nous avons utilisé

| Durées moyennes de développement larvaire (en jours) |                                                  |                                |                                                  |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|
| Larves mâles                                         |                                                  | Larves femelles                |                                                  |
| Lot témoin, traité par le solvant seul               | Lot traité à la dèca-mèthrine à la dose de 1µg/g | Lot traité par le solvant seul | Lot traité à la dèca-mèthrine à la dose de 1µg/g |
| 28,75 ± 1,34                                         | 28,63 ± 1,34                                     | 31,30 ± 1,25                   | 35,5 ± 2,78                                      |
| Poids moyens des chrysalides (en mg.)                |                                                  |                                |                                                  |
| 130,50 ± 8,16                                        | 115,38 ± 9,20                                    | 184,60 ± 11,55                 | 194,67 ± 16,59                                   |

Tableau 29 : Durées moyennes de développement larvaire en jours (± les erreurs standards) et poids moyens des chrysalides en mg. (± leurs erreurs standards).

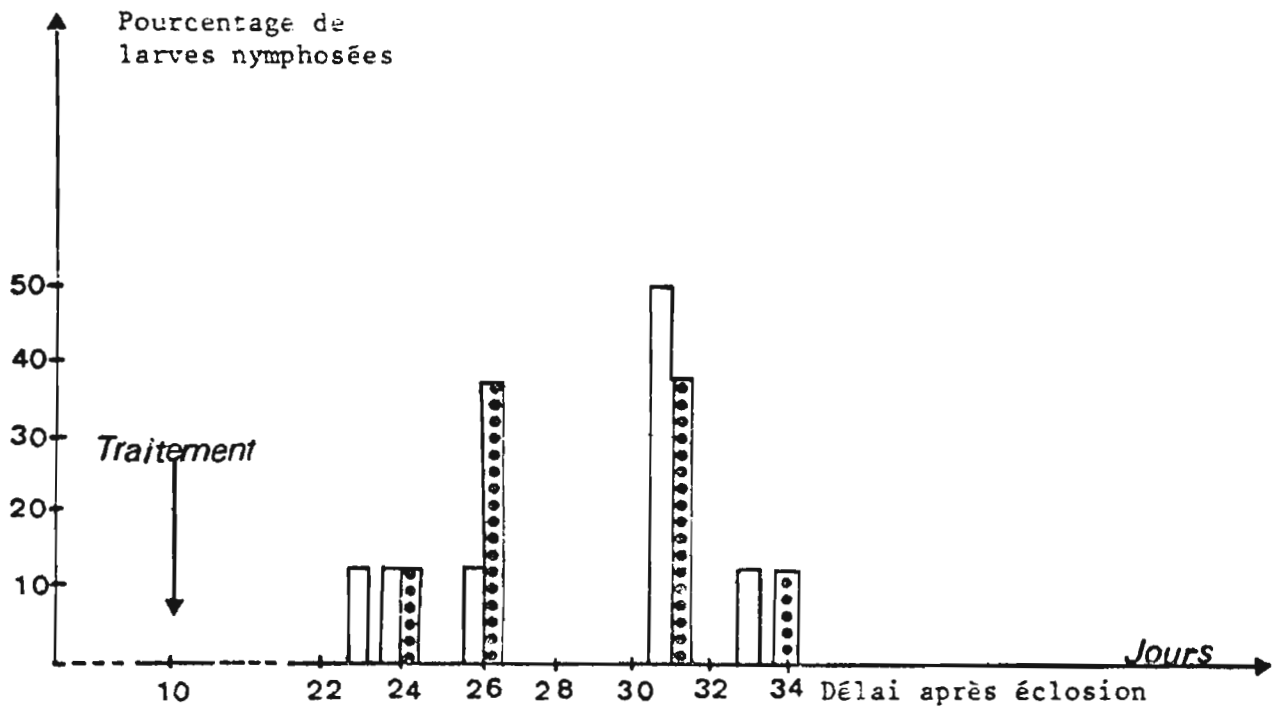
| Nombre de jours<br>après éclosion                     | 23   |   | 24   |   | 26   |    | 31   |    | 33   |    | 34   |       | 39 |    | 40 |       | 46 |       |
|-------------------------------------------------------|------|---|------|---|------|----|------|----|------|----|------|-------|----|----|----|-------|----|-------|
|                                                       | ♂    | ♀ | ♂    | ♀ | ♂    | ♀  | ♂    | ♀  | ♂    | ♀  | ♂    | ♀     | ♂  | ♀  | ♂  | ♀     | ♂  | ♀     |
| Lot témoin, traité<br>par le solvant<br>seul          | 12,5 | - | 12,5 | - | 12,5 | 20 | 50   | 50 | 12,5 | 10 | -    | 10    | -  | 10 | -  | -     | -  | -     |
| Lot traité à la<br>décaméthrine à<br>la dose de 1µg/g | -    | - | 12,5 | - | 37,5 | -  | 37,5 | 50 | -    | -  | 12,5 | 16,67 | -  | -  | -  | 16,67 | -  | 16,67 |

Tableau 30 : Pourcentages de larves nymphosées pour des larves de *Sesamia calamietis* HAMPSON.



**Fig.37-** diagramme de nymphose des larves femelles de *Sesamia calamistis* HAMPSON après traitement au début du troisième stade larvaire.

- (□) Lot témoin, traité par le solvant seul
- (◼) Lot traité par la dècamèthrine à la dose de 1µg/g



**Fig.38-** Diagramme de nymphose des larves mâles de *Sesamia calamistis* HAMPSON après traitement au début du troisième stade larvaire.

-() Lot témoin traité par le solvant seul

-() Lot traité par la dècamèthrine à la dose de 1 µg/g

la formule suivante :

$$\text{Pourcentage de réduction de la moyenne des poids} = \frac{(\text{Moyenne des poids}) - (\text{Moyenne des poids})}{\text{des larves témoins} - \text{des larves traitées}} \times 100$$

Les résultats de cette étude sont les suivants :

Pourcentage de réduction de la moyenne des poids

|                                  |       |       |       |       |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Nombre de jours après traitement | 3     | 8     | 12    | 15    |
| Pour les larves ♂                | 18,10 | 9,02  | 10,63 | 22,66 |
| Pour les larves ♀                | 17,11 | 16,36 | -     | -     |

L'examen du tableau 29 montre que la variation des durées moyennes de développement larvaire, pour les larves mâles, est très peu importante, alors que la différence des durées moyennes de développement larvaire pour les femelles est notable. Pour étudier cette différence de durées, nous avons appliqué le test de l'analyse de variance et les résultats sont les suivants :

Pour les larves femelles :  $F = 2,90$  non significatif (en fait, limite)  
 Pour les larves mâles :  $F = 0,0046$  non significatif

Le ralentissement du développement pour ce qui concerne les larves femelles ne serait donc qu'apparent ; mieux vaut admettre, sans doute, qu'il est trop faible pour que le test en garantisse la réalité.

De même, la différence des poids moyens des chrysalides est très peu importante, nous avons appliqué le test  $t$  de STUDENT pour étudier cette différence de poids et les résultats sont les suivants :

Pour les chrysalides femelles :  $t = 0,55$  non significatif  
 Pour les chrysalides mâles :  $t = 1,33$  non significatif

L'examen du tableau 30 montre toutefois que la période de nymphose est la même pour les larves mâles traitées ou non. Par contre,

elle s'échelonne sur 13 jours pour le lot témoin traité par le solvant seul et sur 15 jours pour le lot traité à la dècamèthrine.

Les diagrammes des figures 37 et 38 représentent la variation du pourcentage de larves nymphosées en fonction du délai écouleé entre l'éclosion de l'oeuf et la nymphose.

#### 4.3.3. EFFET DU DIMETHOATE SUR LA PHYSIOLOGIE DU DEVELOPPEMENT DES LARVES DE *SESAMIA CALAMISTIS* HAMPSON.

La technique d'étude dans cet essai est la même que dans les précédents. Le dimèthoate a été appliqué à la dose de 8µg/g d'insecte. Le lot témoin, traité avec le solvant seul était composé de 20 larves et le lot traité par le dimèthoate comprenait 40 larves.

Le tableau 31 représente les mortalités cumulées relevées 2, 5, 9... et 20 jours après traitement.

Les tableaux 32 et 33 regroupent les moyennes des poids (avec leurs erreurs standards) relevés 2, 6, 9, 14, 17 et 21 jours après traitement, pour les larves femelles et mâles.

Le tableau 34 compare, par le test  $t$  de STUDENT, les moyennes des poids des larves mâles et femelles traitées.

Les courbes des figures 39 et 40 représentent respectivement la croissance pondérale des larves femelles et celle des larves mâles de *S. calamistis* d'un lot d'insecte témoin traité par le solvant seul et d'un lot traité au dimèthoate à la dose de 8µg/g.

Le tableau 35 représente les durées moyennes de développement larvaire en jours ( $\pm$  les erreurs standards) ainsi que les poids moyens des chrysalides en mg ( $\pm$  leurs erreurs standards).

Le tableau 36 représente les pourcentages de larves nymphosées 32, 34... et 46 jours après l'éclosion de l'oeuf.

Les diagrammes des figures 41 et 42 représentent, en fonction du délai écouleé entre l'éclosion de l'oeuf et la nymphose, la nymphose

| Nombre de jours après traitement            | 2  | 5  | 9  | 13 | 16 | 20 | Mortalité corrigée |
|---------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|--------------------|
| Lot témoin traité avec le solvant seul      | 5  | 5  | 5  | 10 | 10 | 15 | %                  |
| Lot traité au diméthoate à la dose de 8µg/g | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 45 | 35,29%             |

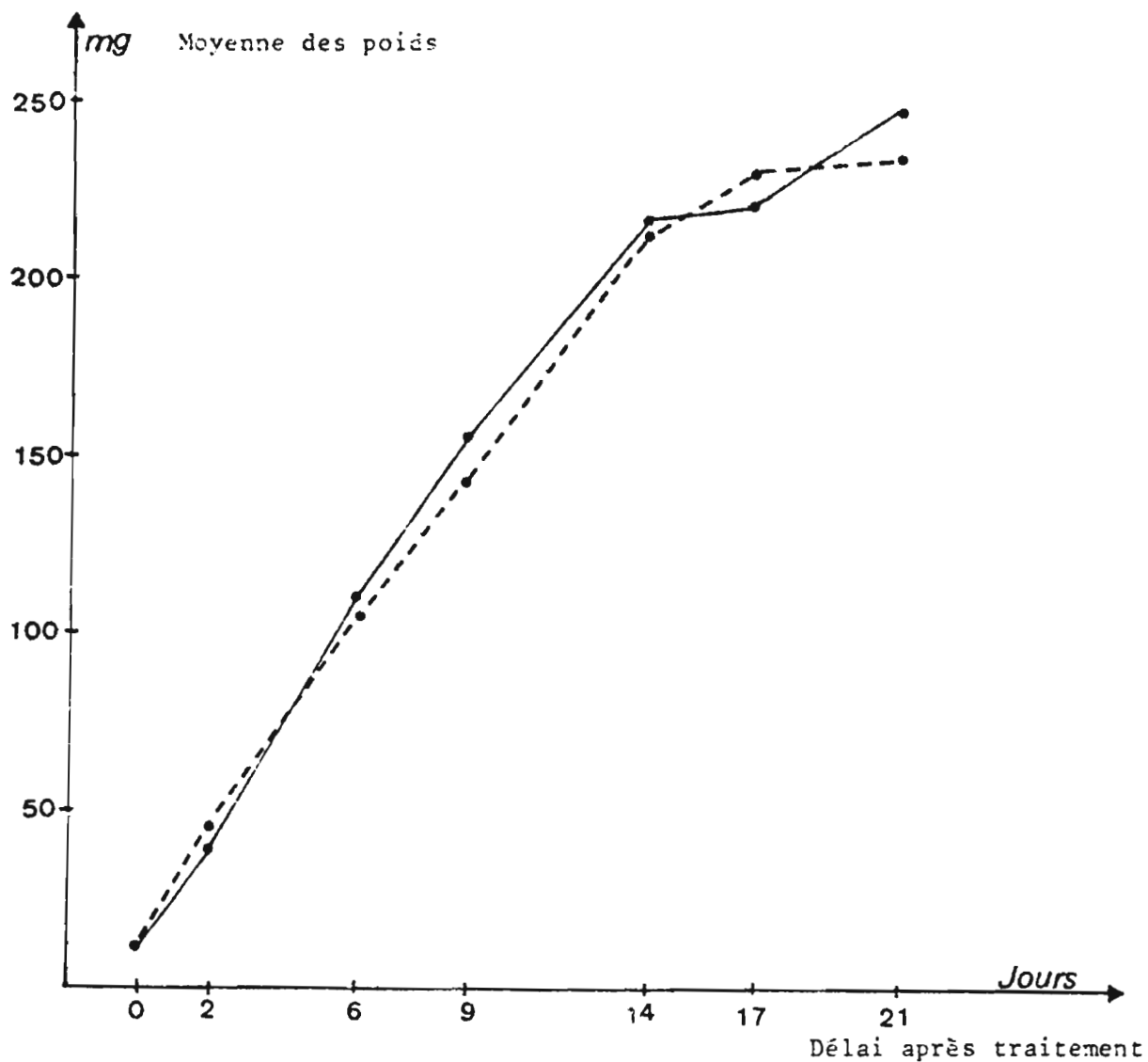
Tableau 31 : Pourcentages de mortalités cumulées pour des larves de *Sesamia calamistis* HAMPSON.

TABLEAU 32. Croissance pondérale des larves femelles de *Sesamia calamistis* après traitement au diméthoate à la dose de 8 µg/g.

| Nombre de jours après éclosion | Nombre de jours après traitement | Lot témoin traité avec le solvant seul |                                    | Lot traité au diméthoate à la dose de 8 µg/g |                                    |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|
|                                |                                  | Effectif                               | Moyenne des poids en mg $\pm$ E.S. | Effectif                                     | Moyenne des poids en mg $\pm$ E.S. |
| 12                             | 2                                | 9                                      | 39,56 $\pm$ 8,05                   | 9                                            | 44,89 $\pm$ 8,39                   |
| 16                             | 6                                | 9                                      | 110,22 $\pm$ 19,52                 | 9                                            | 105,00 $\pm$ 12,09                 |
| 19                             | 9                                | 9                                      | 156,67 $\pm$ 23,80                 | 9                                            | 143,22 $\pm$ 11,25                 |
| 24                             | 14                               | 9                                      | 218,33 $\pm$ 19,82                 | 9                                            | 213,67 $\pm$ 19,18                 |
| 27                             | 17                               | 9                                      | 223,22 $\pm$ 15,85                 | 9                                            | 231,56 $\pm$ 19,75                 |
| 31                             | 21                               | 8                                      | 248,63 $\pm$ 21,91                 | 7                                            | 234,43 $\pm$ 21,40                 |

**TABEAU 33.** Croissance pondérale des larves mâles de *Sesamia calamistis* après traitement au diméthoate à la dose de 8 µg/g.

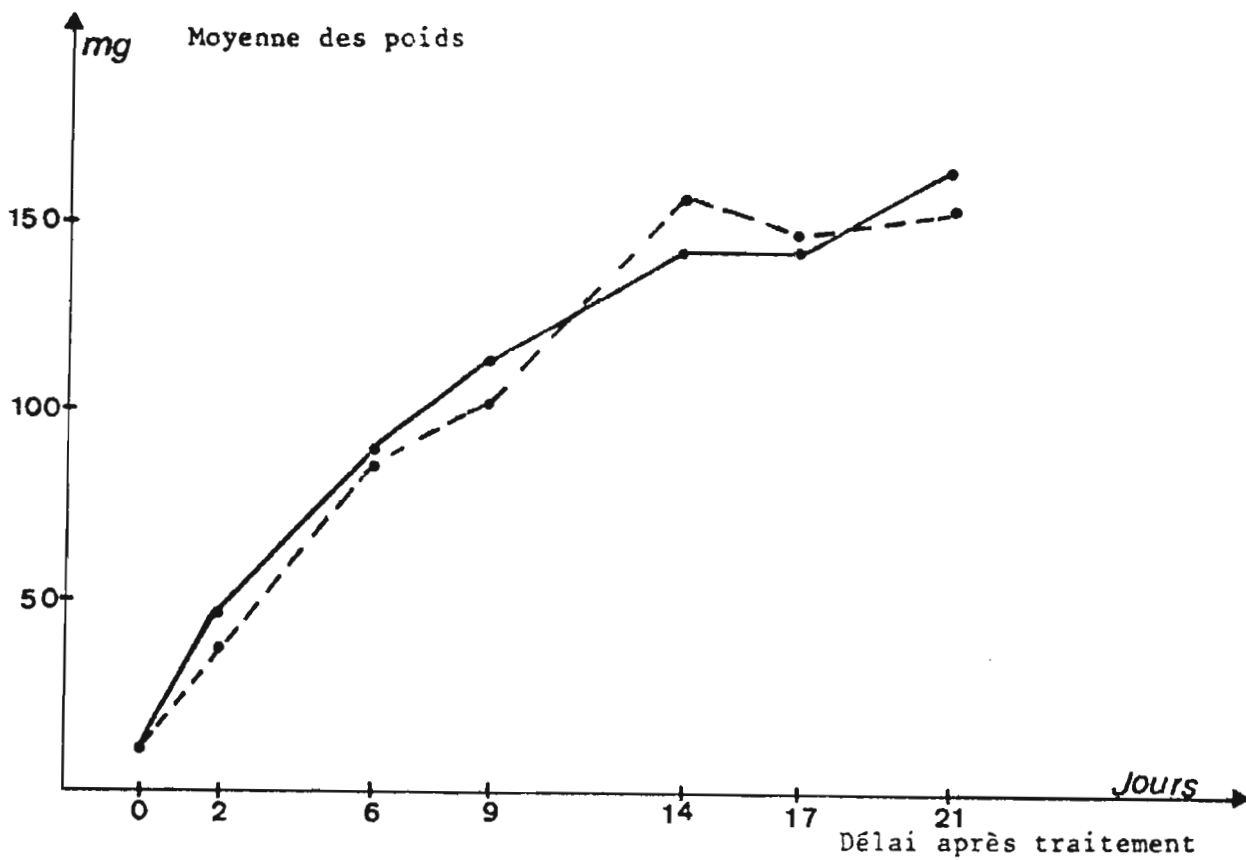
| Nombre de jours après éclosion | Nombre de jours après traitement | Lot témoin traité avec le solvant seul |                                    | Lot traité au diméthoate à la dose de 8 µg/g |                                    |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|
|                                |                                  | Effectif                               | Moyenne des poids en mg $\pm$ E.S. | Effectif                                     | Moyenne des poids en mg $\pm$ E.S. |
| 12                             | 2                                | 8                                      | 46,13 $\pm$ 8,51                   | 13                                           | 37,92 $\pm$ 3,29                   |
| 16                             | 6                                | 8                                      | 90,75 $\pm$ 11,40                  | 13                                           | 87,23 $\pm$ 5,10                   |
| 19                             | 9                                | 8                                      | 114,13 $\pm$ 14,87                 | 13                                           | 102,85 $\pm$ 6,36                  |
| 24                             | 14                               | 8                                      | 143,25 $\pm$ 14,29                 | 13                                           | 157,31 $\pm$ 9,24                  |
| 27                             | 17                               | 8                                      | 142,38 $\pm$ 10,59                 | 13                                           | 146,31 $\pm$ 8,92                  |
| 31                             | 21                               | 5                                      | 165,40 $\pm$ 22,74                 | 6                                            | 154,17 $\pm$ 6,89                  |



**Fig. 39** – Croissance pondérale des larves femelles de *Sesamia calamistis* HAMPSON, placées isolément après traitement.

—(●—●) Lot témoin traité par le solvant seul

- - (● - - ●) Lot traité au diméthoate à la dose de 8 µg/g



**Fig.40-** Croissance pondérale des larves mâles de *Sesamia calamistis* HAMPSON placées isolément après traitement.

- (—●—) Lot témoin traité par le solvant seul

- (---●---) Lot traité au diméthoate à la dose de 8µg/g

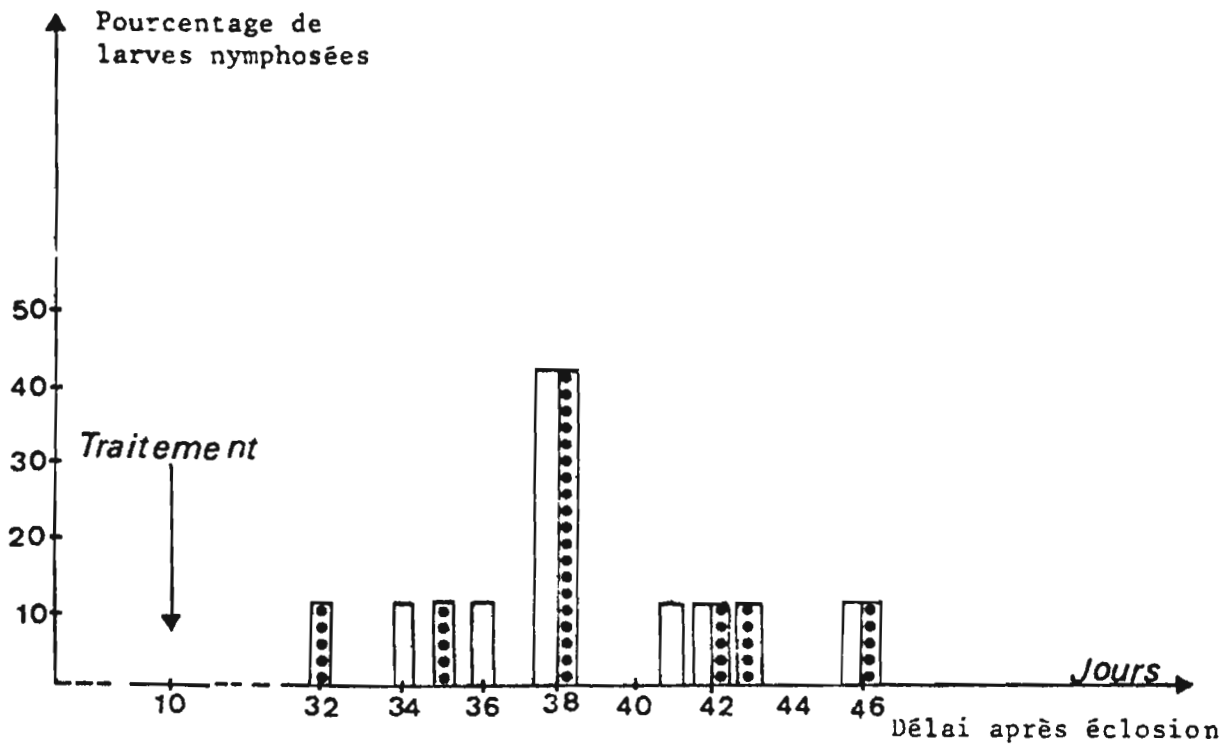
| Durées moyennes de développement larvaire en jours |                                              |                                        |                                              |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
| Larves mâles                                       |                                              | Larves femelles                        |                                              |
| Lot témoin, traité par le solvant seul             | Lot traité par diméthoate à la dose de 8µg/g | Lot témoin, traité par le solvant seul | Lot traité par diméthoate à la dose de 8µg/g |
| 35,63 $\pm$ 1,38                                   | 35,92 $\pm$ 0,88                             | 39,00 $\pm$ 1,25                       | 38,89 $\pm$ 1,49                             |
| Poids moyens des chrysalides (en mg)               |                                              |                                        |                                              |
| 122,75 $\pm$ 7,13                                  | 113,62 $\pm$ 6,00                            | 160,11 $\pm$ 11,21                     | 166,56 $\pm$ 10,23                           |

Tableau 35 : Durées moyennes de développement larvaire en jours ( $\pm$  les erreurs standards) et poids moyens des chrysalides en mg ( $\pm$  leurs erreurs standards).

| Nombre de jours après éclosion                 | 32           | 34    | 35    | 36    | 37   | 38    | 40   | 41    | 42    | 43    | 46    |
|------------------------------------------------|--------------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| Lot témoin, traité par le solvant seul         | 25           | 12,5  | -     | -     | 12,5 | 25    | 12,5 | -     | 12,5  | -     | -     |
| Lot traité au di-méthoate à la dose de 8µg/g . | 15,38        | 30,77 | 7,69  | 7,69  | -    | 23,08 | -    | 15,38 | -     | -     | -     |
|                                                | Larves mâles |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |
| Nombre de jours après éclosion                 | 32           | 34    | 35    | 36    | 37   | 38    | 40   | 41    | 42    | 43    | 46    |
| Lot témoin, traité par le solvant seul         | -            | 11,11 | -     | 11,11 | -    | 44,44 | -    | 11,11 | 11,11 | -     | 11,11 |
| Lot traité au di-méthoate à la dose de 8µg/g   | 11,11        | -     | 11,11 | -     | -    | 44,44 | -    | -     | 11,11 | 11,11 | 11,11 |

Larves femelles

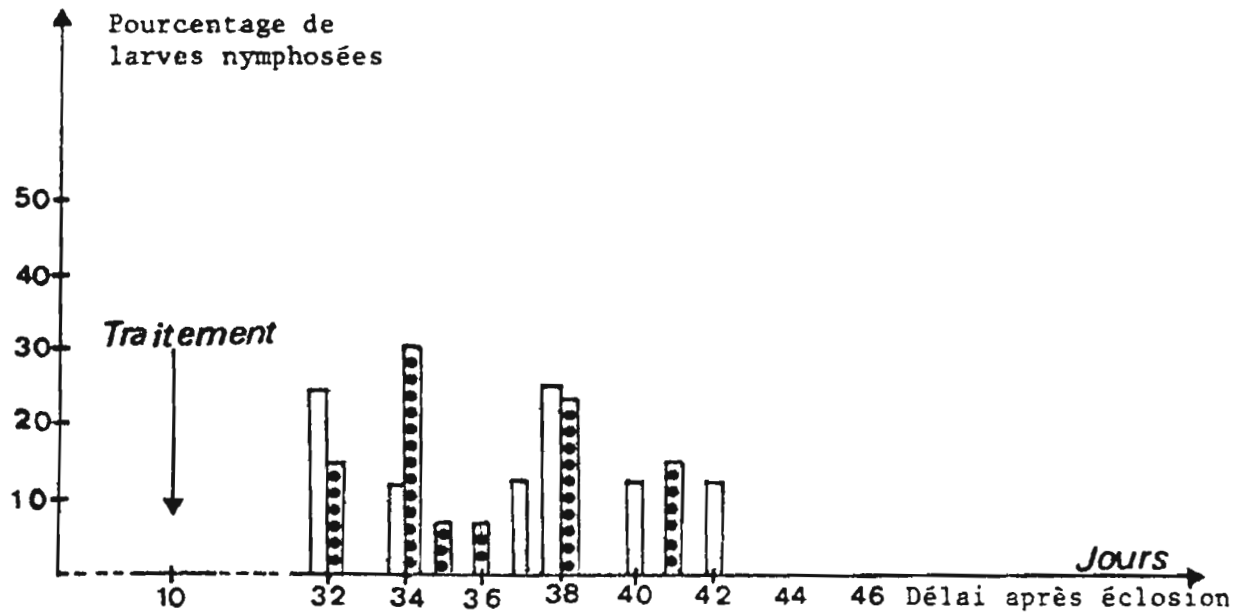
Tableau 36 : Pourcentages de larves nymphosées pour des larves de *S. calamistis* HAMPSON.



**Fig. 41** - Diagramme de nymphose des larves femelles de *Sesamia calamistis* HAMPSON après traitement au début du troisième stade larvaire.

-(□) Lot témoin traité par le solvant seul

-(■) Lot traité au diméthoate à la dose de 8µg/g



**Fig. 42** - Diagramme de nymphose des larves mâles de *Sesamia calamistis* HAMPSON après traitement au début du troisième stade larvaire.

- (□) Lot témoin traité par le solvant seul
- (■) Lot traité au diméthoate à la dose de 8 µg/g

Tableau 34 : Comparaison des moyennes des poids-test (t) de STUDENT.

| Nombre de jours<br>après traitement | Pour les larves femelles<br>A - Tr | Pour les larves mâles<br>A - Tr |
|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 2                                   | t = 0,49 N.S.                      | t = 1,11 N.S.                   |
| 6                                   | t = 0,24 N.S.                      | t = 0,34 N.S.                   |
| 9                                   | t = 0,54 N.S.                      | t = 0,85 N.S.                   |
| 14                                  | t = 0,18 N.S.                      | t = 0,91 N.S.                   |
| 17                                  | t = 0,35 N.S.                      | t = 0,29 N.S.                   |
| 21                                  | t = 0,49 N.S.                      | t = 0,57 N.S.                   |
|                                     | N.S. = Non significative.          |                                 |

des larves de *S. calamistis* d'un lot d'insecte témoin, traité par le solvant seul et d'un lot traité au diméthoate à la dose de 8µg/g.

L'analyse statistique, par le test t de STUDENT, des données des tableaux 32 et 33 montre que la différence entre les moyennes des poids dans le lot témoin et le lot traité au diméthoate n'est pas significative (Tableau 34).

L'examen du tableau 35 montre que la variation des durées moyennes de développement larvaire pour les larves mâles et femelles est très peu importante. En ce qui concerne les poids moyens des chrysalides obtenus, on observe une différence assez nette chez les mâles entre lot témoin et lot traité, alors qu'elle est très faible pour les femelles. Pour étudier cette différence de poids, nous avons appliqué le test t de STUDENT et les résultats sont les suivants :

Pour les chrysalides femelles : t = 0,45 Non significatif

Pour les chrysalides mâles : t = 1,01 Non significatif.

L'examen du tableau 36 montre que la période de nymphose est à peu près la même, pour les larves mâles et femelles, qu'il s'agisse du lot témoin ou du lot traité au diméthoate.

Pour évaluer l'influence d'un traitement insecticide sur la physiologie du développement de l'insecte, nous avons choisi comme critères la croissance pondérale des larves, les durées moyennes de développement larvaire et nymphal et les poids moyens des chrysalides obtenues. Il s'agit, en effet, des seuls critères facilement utilisables pour des chenilles endophytes car on ne maîtrise pas encore suffisamment bien les autres techniques telle que l'évaluation de la consommation des larves ou le calcul du métabolisme respiratoire.

Ainsi nous avons montré, dans ce chapitre, que l'influence des insecticides testés sur la physiologie du développement ne donne pas toujours des indications d'interprétation aisée, d'autant que leur action sur les critères choisis n'est pas toujours très nette (cas de la dècaméthrine et du diméthoate, par exemple).

Bien des perfectionnements techniques restent donc à apporter pour parvenir à interpréter correctement les résultats enregistrés. Un long travail reste encore à accomplir pour connaître l'influence réelle des différents insecticides sur les ravageurs agricoles, ainsi que sur les insectes auxiliaires de l'agriculture, prédateurs et parasites essentiellement.

GARCIA (1976) étudiant l'effet de trois produits phytosanitaires sur la coccinelle aphidiphage *Semiadalia undecimnotata* SCHNEIDER, s'est heurté à la même difficulté du choix des critères biologiques.

## 5. CHAPITRE V

EFFET DU DIMETHOATE SUR LA REPRODUCTION DE  
*SESAMIA CALAMISTIS* HAMPSON ET SENSIBILITE DES LARVES DE  
*S. CALAMISTIS* A L'EGARD DE LA DECAMETHRINE ET DU CARBOFURAN

Les effets d'un traitement insecticide sur une population d'insectes ne se limitent pas à la mortalité d'un certain nombre d'individus. La fraction survivante peut présenter des désordres fonctionnels plus ou moins profonds et durables, désignés généralement sous le nom d'effets sublétaux (KIVIERE, 1977).

Les manifestations les plus évidentes de ces effets sublétaux sont visibles au niveau de la reproduction. Selon les produits, les doses et les insectes, des modifications de la fécondité et de la fertilité sont assez fréquemment observés (MOKIARTY, 1969).

Plusieurs travaux sur la question font état de résultats contradictoires. Alors que certains auteurs constatent un accroissement de la ponte, d'autres, par contre, observent une diminution qui peut aller jusqu'à la stérilité.

L'augmentation de la fécondité peut être due à un effet sélectif, car la sélection par l'insecticide favorise les génotypes résistants au détriment des sensibles et augmente la fréquence des gènes R dans la population. La sélection naturelle stimule les processus coadaptatifs qui permettront aux individus résistants d'acquérir une fécondité et une viabilité appréciables. Ces individus s'adaptent au milieu contaminé et y deviennent compétitifs avec les individus normaux ; ce processus permet le maintien de populations résistantes stables lorsque toute pression insecticide a été supprimée (KEIDING, 1963 et 1967).

Des doses sublétales d'insecticides peuvent provoquer une stérilité complète des insectes survivants ; MORIARTY (1968) a observé un tel phénomène chez *Aglaia urticae* (Lépidoptère, *Nymphalidae*) traité à la dose DL<sub>50</sub> avec la dieldrine. RAMADE (1969) confirme, sur *Musca domestica*, que la perturbation du système neuroendocrine pourrait être la cause profonde de ces effets.

### 5.1. METHODE D'ETUDE.

Il semble que l'effet d'un insecticide sur la reproduction des insectes soit en relation directe avec sa persistance ; nous avons donc choisi de faire notre étude avec le diméthoate en raison de sa bonne rémanence.

L'expérimentation a consisté à traiter un lot de larves de *Sesamia calamistis* au début du dernier stade larvaire, avec une dose voisine de la dose létale 50, puis à comparer l'importance numérique des pontes provenant des adultes survivantes ainsi que la viabilité des oeufs avec celles d'un lot témoin traité avec le solvant seul (acétone). Nous avons choisi des larves en début de dernier stade larvaire en raison de la longue durée de ce stade qui facilite l'application de l'insecticide et l'observation de la mortalité larvaire.

Les méthodes de traitement par contact topique et la préparation des solutions ont été exposés dans le chapitre IV.

Les larves sont réparties par lots, selon leur poids, après avoir subi un jeûne préalable d'au-moins trois heures dans des petits tubes en plastique. Ce jeûne permet d'ajuster correctement la dose d'insecticide car, au bout de trois heures, le transit digestif est pratiquement achevé et le poids mesuré de l'insecte est bien le poids réel expurgé de toute surcharge alimentaire. Le poids vif des larves est obtenu par pesée individuelle au moyen d'une balance Mettler de précision, à lecture directe, juste avant chaque traitement. Ces larves sont ensuite réparties en un certain nombre de classes de poids.

On applique à chaque insecte d'une classe de poids un volume de solution proportionnel à la valeur du point médian de cette classe (Fig. 43). Chaque lot de larves traitées est placé dans une boîte d'élevage sur morceaux de tiges de maïs et fait l'objet de contrôles périodiques, en premier lieu pour ce qui concerne le pourcentage de mortalité puis, plus tard, pour les adultes issus des larves survivantes, pour ce qui concerne les effets du traitement sur la reproduction.

Les conditions d'élevage et les caractéristiques biologiques de la souche de *Sesamia calamistis* Hamps. ont été décrites en détail, dans le chapitre II.

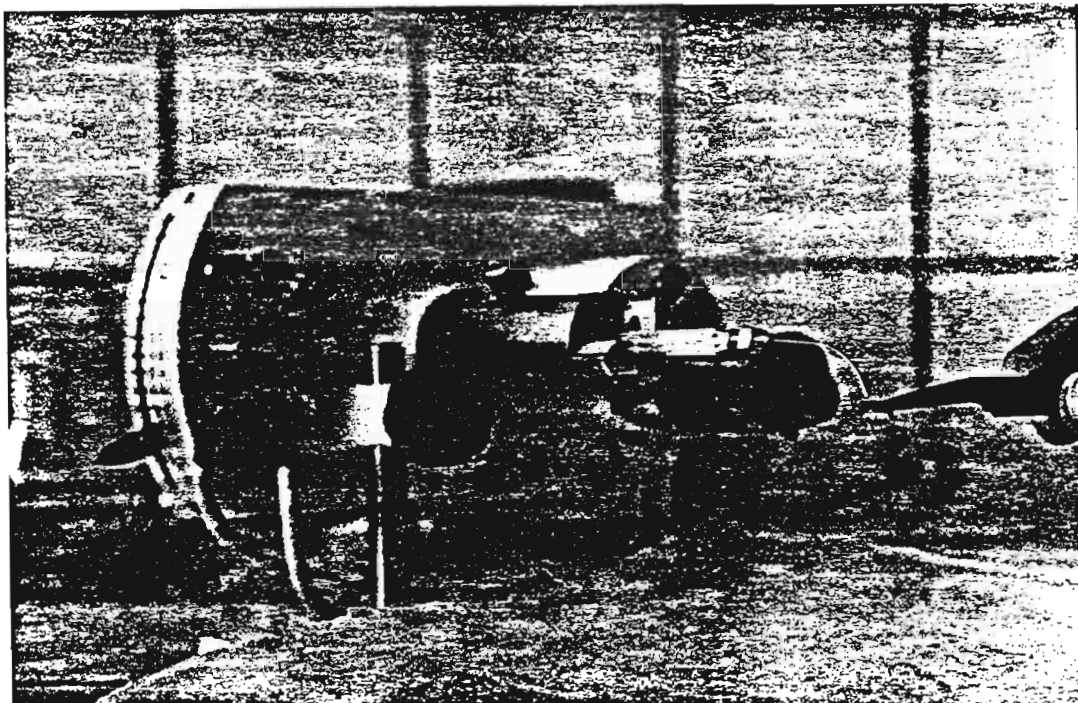


Fig.43 : Traitement d'une larve de *S. calamistis* au début du dernier stade larvaire, au moyen du microapplicateur automatique Arnold.

**Tableau 37 :** Composition des lots dans l'essai définitif effectué pour la détermination de la DL<sub>50</sub>, en traitement par contact avec le Diméthoate.

|                                               | Nombre d'individus de différents poids, par lot |             |             |               |                |                |                |                |                |                |                | Total pour chaque lot |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------|-------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|
| Classes de poids et médiane (mg)              | 65-74<br>70                                     | 75-84<br>80 | 85-94<br>90 | 95-104<br>100 | 105-114<br>110 | 115-124<br>120 | 125-134<br>130 | 135-144<br>140 | 145-154<br>150 | 155-164<br>160 | 165-174<br>170 | -                     |
| Nombre d'individus                            | 42                                              | 21          | 12          | 17            | 16             | 12             | 11             | 9              | 4              | 3              | 3              | 150                   |
| Volume appliqué de solution par larve (en µl) | 0,7                                             | 0,8         | 0,9         | 1,0           | 1,1            | 1,2            | 1,3            | 1,4            | 1,5            | 1,6            | 1,7            | -                     |
| Lot traité à la dose 16µg/g                   | 8                                               | 3           | 3           | 4             | 4              | 2              | 3              | 2              | 1              | -              | -              | 30                    |
| Lot traité à la dose 30,40µg/g                | 8                                               | 3           | 3           | 4             | 4              | 2              | 3              | 2              | -              | -              | 1              | 30                    |
| Lot traité à la dose 57,76µg/g                | 8                                               | 5           | 2           | 3             | 3              | 2              | 2              | 2              | 1              | 1              | 1              | 30                    |
| Lot traité à la dose 109,75µg/g               | 8                                               | 5           | 2           | 3             | 3              | 2              | 2              | 2              | 1              | 1              | 1              | 30                    |
| Lot traité avec le solvant (acétone)          | 10                                              | 5           | 2           | 3             | 2              | 4              | 1              | 1              | 1              | 1              | -              | 30                    |

- Poids moyen pour l'ensemble (en mg) et écart-type : 93,21 et 24,66 -

## 5.2. RECHERCHE DE LA $DL_{50}$ POUR LE DIMETHOATE.

Nous avons réalisé des tests préliminaires pour déterminer un intervalle de travail. Ces tests ont été effectués avec des doses de 5-9-16,2 et 29,16  $\mu\text{g/g}$  de diméthoate, croissant donc en progression géométrique de raison 1,8. Le volume appliqué est de 1  $\text{mm}^3$  de solution acétonique par 100 mg d'insecte. Les doses appliquées ont entraîné respectivement des mortalités de 0%, 5%, 5% et 40% (effectif traité pour chaque dose : 30 larves). Une seconde série de tests a été alors effectuée avec des doses plus fortes, de 16-30,40-57,76 et 109,74  $\mu\text{g/g}$ , croissant, cette fois, en progression géométrique de raison 1,9. La composition des lots avant le traitement, pour la recherche de la  $DL_{50}$ , figure dans le tableau 37. Les mortalités observées 2 jours après traitement sont indiquées dans le tableau 38.

Tableau 38 : Pourcentages de mortalité obtenue pour des larves de *S. calamistis* Hamps. traitées par le diméthoate, 2 jours après traitement.

| Doses en $\mu\text{g/g}$ | 16   | 30,40 | 57,76 | 109,74 | Témoin |
|--------------------------|------|-------|-------|--------|--------|
| Effectif traité          | 30   | 30    | 30    | 30     | 30     |
| % de mortalité           | 6,7% | 40%   | 90%   | 100%   | 0%     |

L'analyse probit permet de calculer les droites de régression doses-mortalités et d'en déduire la  $DL_{50}$ . Pour cela nous avons utilisé la méthode des probits de travail ("Working probits") qui donne le maximum de précision et qui consiste à :

- 1). Chercher dans les tables les probits empiriques  $y$ , correspondant aux pourcentages de mortalité obtenus (Table I, in FINNEY, 1964).
- 2). Porter les points (déterminés à partir de log. doses et probits) sur un graphique et tracer une première droite.
- 3). Déterminer à partir du graphique les probits attendus  $y'$ .
- 4). Pour chacun de ces probits attendus chercher les probits de travail (table IV, in FINNEY, 1964) ainsi que les coefficients de

pondération  $w$  (table II, in FINNEY, 1964).

5). Effectuer les calculs de  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$ ,  $sx^2$ ,  $sxy$ ,  $sy^2$ ,  $b$ , puis calculer l'équation de la droite de régression et ensuite la  $DL_{50}$  et ses limites de confiance.

Nous indiquerons les calculs d'une façon condensée et pratique sous forme d'un formulaire et d'un tableau de calcul (Tableau 39). Nous avons tracé sur le graphique (Fig.44) la droite de régression pour le diméthoate.

### 5.3. EFFET DU DIMETHOATE SUR LA REPRODUCTION DE *S.CALAMISTIS* HAMPSON.

Nous avons choisi de faire cette étude avec une dose de  $27\mu\text{g/g}$ , légèrement inférieure à la  $DL_{50}$ . Deux séries d'expériences ont été réalisées portant, l'une sur 150 larves traitées à la dose de  $27\mu\text{g/g}$  de diméthoate, l'autre sur 75 larves traitées avec le solvant seul (acétone).

La répartition des lots avant le traitement par le diméthoate figure dans le tableau 40.

Les larves, après traitement, sont maintenues en élevage de groupe et nourries à volonté de morceaux de tiges de maïs.

La mortalité larvaire est évaluée, 2 jours après traitement et également à la nymphose. La mortalité corrigée due au seul effet du diméthoate est calculée par la formule d'ABBOTT.

Les résultats du contrôle de l'effet toxique du diméthoate sur la mortalité larvaire sont résumés dans le tableau 41.

Pour analyser l'effet du diméthoate sur la ponte et la viabilité des oeufs (éléments considérés ici, de par leur importance écologique), nous avons élevé les adultes par couples isolés, selon la technique déjà décrites dans les chapitres II et III. Cette analyse consiste à :

**TABEAU 39 : Calcul de la droite de régression doses - mortalités**

| Doses<br>µg/g<br>λ | Log-des<br>doses<br>x | Effectif<br>n | % de<br>mortalité<br>P | Probit<br>empirique<br>y | Probit<br>attendu<br>y' | C.P.<br>w | Probit de<br>travail<br>y'' | Poids<br>n.w=W<br>W | W.x             | W.x <sup>2</sup>             | W.y''             | W.y'' <sup>2</sup>               | W.x.y''             |
|--------------------|-----------------------|---------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------|-----------------------------|---------------------|-----------------|------------------------------|-------------------|----------------------------------|---------------------|
| 16                 | 1,20                  | 30            | 6,7                    | 3,50                     | 3,3                     | 0,208     | 3,36                        | 6,24                | 7,49            | 8,99                         | 20,97             | 70,45                            | 25,16               |
| 30,40              | 1,48                  | 30            | 40                     | 4,75                     | 4,8                     | 0,627     | 4,75                        | 18,81               | 27,84           | 41,19                        | 89,35             | 424,35                           | 132,24              |
| 57,76              | 1,76                  | 30            | 90                     | 6,28                     | 6,2                     | 0,370     | 6,28                        | 11,10               | 19,54           | 34,41                        | 69,71             | 437,78                           | 122,69              |
| 109,74             | 2,04                  | 30            | 99,99                  | 8,72                     | 7,5                     | 0,050     | 7,85                        | 1,5                 | 3,06            | 6,24                         | 11,78             | 92,43                            | 24,02               |
|                    |                       |               |                        |                          |                         |           |                             | ΣW =<br>37,65       | ΣW.x =<br>57,93 | ΣW.x <sup>2</sup> =<br>90,83 | ΣW.y''=<br>191,81 | ΣW.y'' <sup>2</sup> =<br>1025,01 | ΣW.x.y''=<br>304,11 |

$$\bar{x} = \frac{\Sigma W.x}{\Sigma W} = \frac{57,93}{37,65} = 1,54$$

$$\bar{y} = \frac{\Sigma W.y''}{\Sigma W} = \frac{191,81}{37,65} = 5,10$$

$$Sx^2 = \Sigma W.x^2 - \frac{(\Sigma W.x)^2}{\Sigma W} = 90,83 - 89,13 = 1,7$$

$$Sxy = \Sigma W.x.y'' - \frac{\Sigma W.x \cdot \Sigma W.y''}{\Sigma W} = 304,11 - 295,13 = 8,98$$

$$Sy^2 = \Sigma W.y''^2 - \frac{(\Sigma W.y'')^2}{\Sigma W} = 1025,01 - 977,19 = 47,82$$

$$b = \frac{Sxy}{Sx^2} \pm \sqrt{\frac{1}{Sx^2}} = \frac{8,98}{1,7} \pm \sqrt{\frac{1}{1,7}}$$

$$b = 5,28 \pm 0,77$$

$$y = \bar{y} + b (x - \bar{x}) = 5,10 + 5,28 (x - 1,54) =$$

$$y = 5,10 - 8,13 + 5,28 x = - 3,03 + 5,28 x$$

$$x^2_{L-2} = Sy^2 - \frac{(Sxy)^2}{Sx^2}$$

$$x^2_{4-2} = 47,82 - \frac{(8,98)^2}{1,7} = 0,38$$

C.P. = Coefficient de pondération

ADDITIF au TABLEAU 39 : Calcul des doses létales 50 et 90 :

Pour  $y = 5$  :

$$x = m = \log DL_{50} : \bar{x} + \frac{5 - \bar{y}}{b} = 1,54 + \frac{5 - 5,10}{5,28} = 1,52$$

$$DL_{50} = \text{antilog de } 1,52 = 33,11 \text{ } \mu\text{g/g}$$

Intervalle de confiance de  $m$  pour  $\chi^2$  non significatif et  $\alpha = 5\%$  :

$$m \pm E.S_m = m \pm 1,96 . S_m$$

$$S_m = \sqrt{\frac{1}{b^2} \left[ \frac{1}{\sum W} + \frac{(m - \bar{x})^2}{S_x^2} \right]}$$

$$S_m = \sqrt{\frac{1}{(5,28)^2} \left[ \frac{1}{37,65} + \frac{(1,52 - 1,54)^2}{1,7} \right]} = 0,031$$

$$E. S_m = 1,96 \times 0,031 = 0,061$$

$$\text{Limite inférieure} = m - E. S_m = 1,52 - 0,061 = 1,459$$

$$\text{antilog de } 1,459 = 28,77 \text{ } \mu\text{g/g}$$

$$\text{Limite supérieure} = m + E. S_m = 1,52 + 0,061 = 1,581$$

$$\text{antilog de } 1,581 = 38,11 \text{ } \mu\text{g/g}$$

$$DL_{50} \text{ en } \mu\text{g/g et ses limites : } 28,77 < 33,11 < 38,11$$

Pour  $y = 6,282$  :

$$x = m = \log DL_{90} : \bar{x} + \frac{6,282 - \bar{y}}{b} = 1,52 + \frac{6,282 - 5,10}{5,28} = 1,744$$

$$DL_{90} = \text{antilog de } 1,744 = 55,46 \text{ } \mu\text{g/g}$$

Intervalle de confiance de  $m$  pour  $\chi^2$  non significatif et  $\alpha = 5\%$  :

$$S_m : \sqrt{0,036 \left[ 0,027 + \frac{(1,744 - 1,54)^2}{1,7} \right]} = 0,043$$

$$E. S_m = 1,96 \times 0,043 = 0,084$$

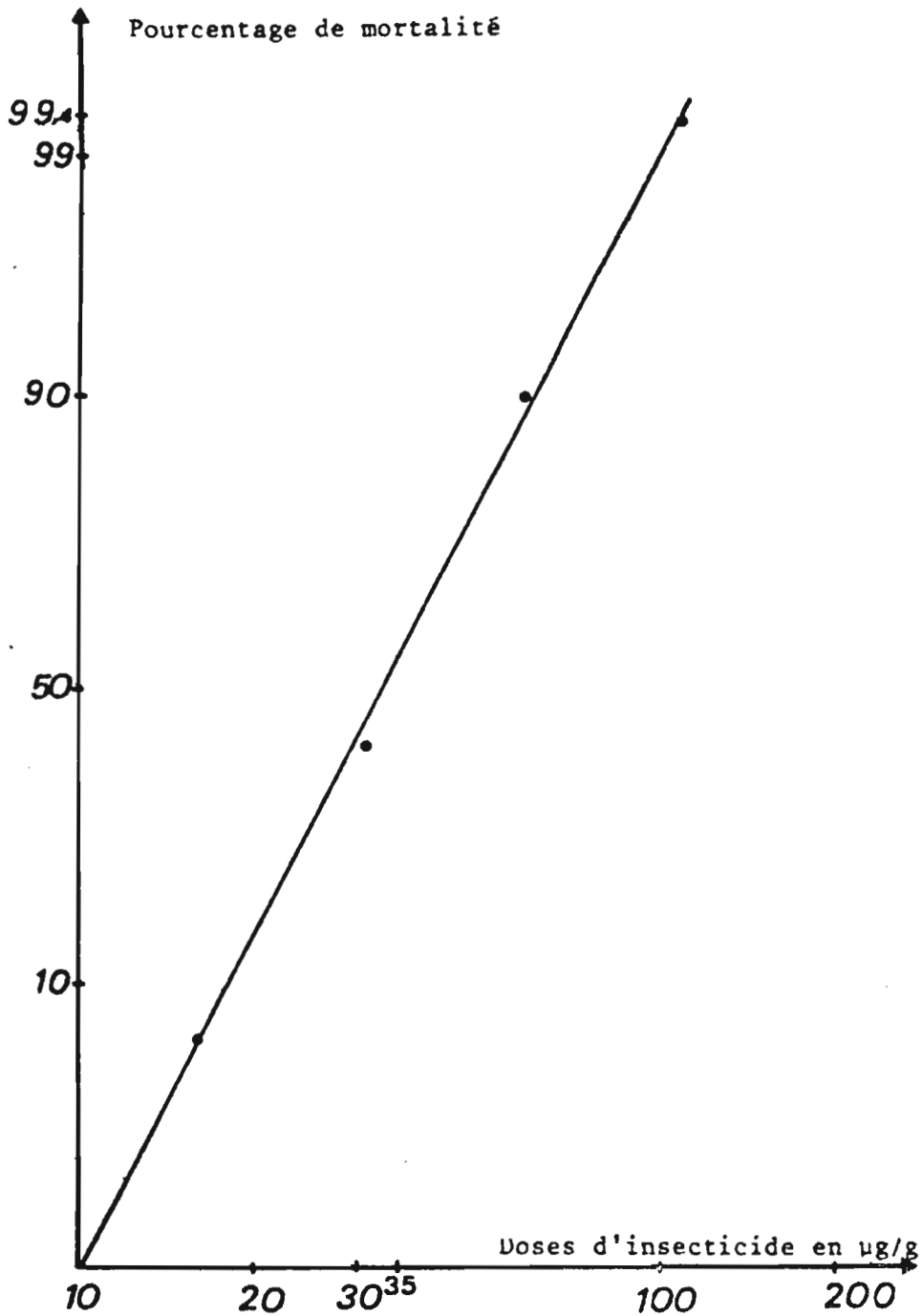
$$\text{Limite inférieure : } 1,744 - 0,084 = 1,66$$

$$\text{antilog de } 1,66 = 45,71 \text{ } \mu\text{g/g}$$

$$\text{Limite supérieure} = 1,744 + 0,084 = 1,828$$

$$\text{antilog de } 1,828 = 67,30 \text{ } \mu\text{g/g}$$

$$DL_{90} \text{ en } \mu\text{g/g et ses limites : } 45,71 < 55,46 < 67,30$$



**Fig.44** - Droite de régression du probit de la mortalité sur le logarithme de la dose de diméthoate. Test effectué par application topique de 4 doses différentes, avec 30 larves de *S. calamistis* HAMPSON en début de dernier stade larvaire, mortalité larvaire observée 2 jours après traitement.

| Nombre d'individus de différents poids, par lot |             |             |             |               |                |                |                |                |                |                |                |                | Total pour chaque lot |
|-------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|
| Classes de poids (en mg) et médiane             | 65-74<br>70 | 75-84<br>80 | 85-94<br>90 | 95-104<br>100 | 105-114<br>110 | 115-124<br>120 | 125-134<br>130 | 135-144<br>140 | 145-154<br>150 | 155-164<br>160 | 165-174<br>170 | 175-184<br>180 | -                     |
| Nbre d'individus                                | 79          | 29          | 25          | 19            | 17             | 15             | 16             | 7              | 6              | 5              | 4              | 3              | 225                   |
| Volume appliqué de solution par larve (en µl)   | 0,7         | 0,8         | 0,9         | 1,0           | 1,1            | 1,2            | 1,3            | 1,4            | 1,5            | 1,6            | 1,7            | 1,8            | -                     |
| Lot traité à la dose 27µg/g                     | 44          | 20          | 20          | 15            | 15             | 10             | 10             | 5              | 3              | 3              | 3              | 2              | 150                   |
| Lot témoin traité par le solvant seul (acétone) | 35          | 9           | 5           | 4             | 2              | 5              | 6              | 2              | 3              | 2              | 1              | 1              | 75                    |

Tableau 40 : Composition des lots avant le traitement

La présente répartition des lots est celle des essais pour la recherche des effets du diméthoate sur la reproduction de *Senecioia calamistis*, en traitement par contact tonique à la dose de 27µg/g

| Lots testés                                  | Effectif traité | Nbre individus morts, 48h. après traitement | % de mortalité larvaire 48h. après traitement | % de mortalité larvaire corrigée, 48 h. après traitement | % de mortalité larvaire jusqu'à la nymphose | % de mortalité larvaire corrigée jusqu'à la nymphose | Nombre de chrysalides obtenues |    | Sex-ratio ♂/♀ |
|----------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|----|---------------|
|                                              |                 |                                             |                                               |                                                          |                                             |                                                      | ♂                              | ♀  |               |
| Lot témoin, traité par le solvant seul       | 75              | 2                                           | 2,67%                                         | -                                                        | 6,67%                                       | -                                                    | 36                             | 32 | 1,13          |
| Lot traité à la dose de 27µg/g de diméthoate | 150             | 52                                          | 34,67%                                        | 32,88%                                                   | 41,33%                                      | 37,14%                                               | 46                             | 42 | 1,10          |

Tableau 41 : Pourcentages des mortalités pour des larves de *S. calamistis* HAMPSON

- étudier la distribution des femelles pondeuses en fonction de leur fécondité,
- évaluer les pourcentages de femelles non pondeuses et la fécondité moyenne des femelles pondeuses,
- déterminer le taux moyen d'éclosion des oeufs.

Pour ce faire, les pontes ont été ordonnées selon le nombre d'oeufs déposés, puis réparties dans des classes dont l'intervalle choisi est de 50 (de 1 à 50 oeufs, de 50 à 100 oeufs etc.). Nous avons opéré cette distribution à partir des pontes obtenues des femelles du lot traité et du lot témoin. Le tableau 42 et le graphique (Fig.45) résument les résultats obtenus.

L'analyse de l'ensemble des données nous permet de tirer les conclusions suivantes :

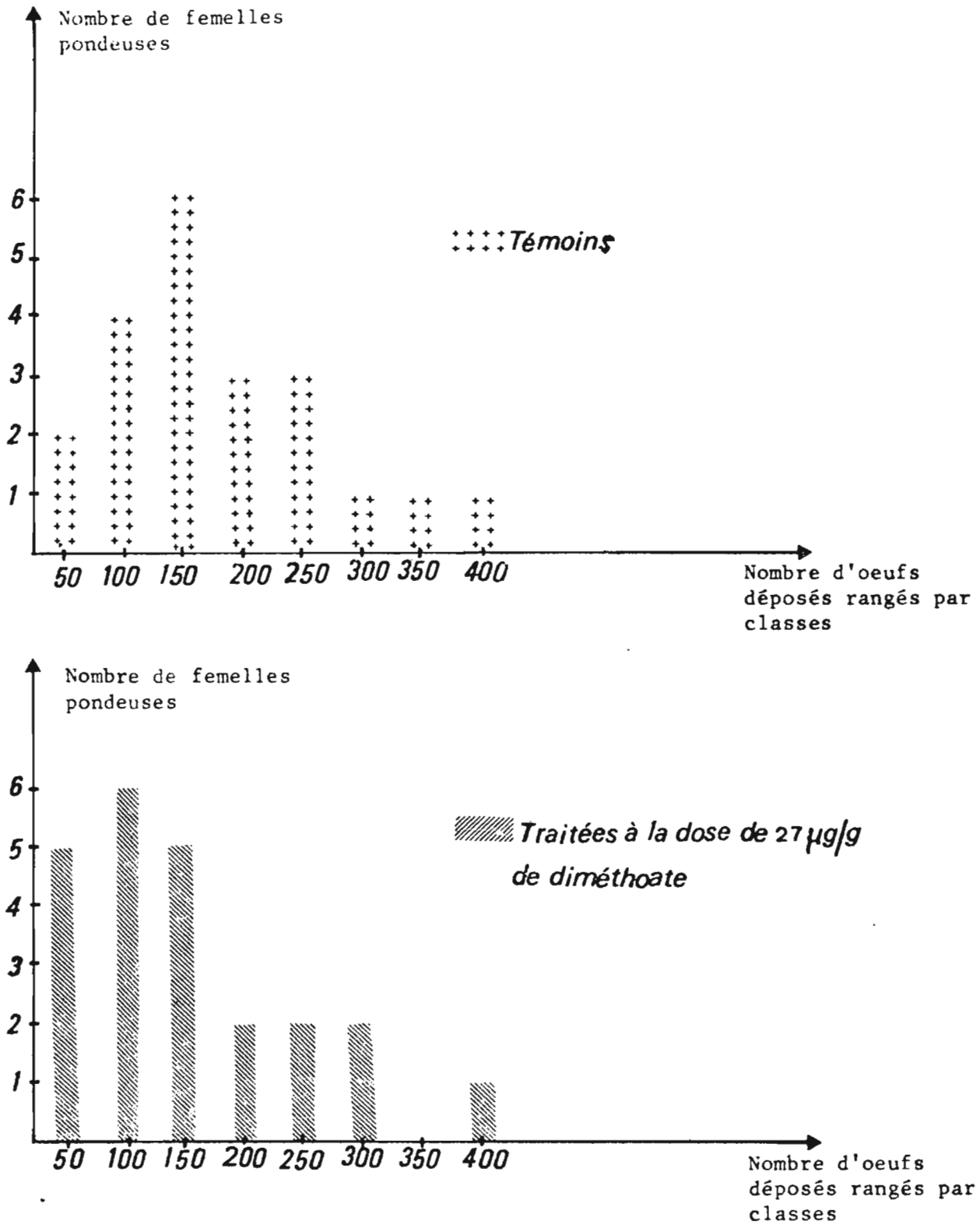
- La distribution des femelles pondeuses en fonction de leur fécondité montre que le maximum des pontes se situe dans la classe de 100 à 150 oeufs pour le lot témoin alors qu'il est situé dans la classe de 50 à 100 oeufs pour le lot traité (à la dose de 27  $\mu\text{g/g}$  de diméthoate).

- Pour le lot témoin 76,19% des femelles pondeuses se retrouvent dans les classes 50 à 250 oeufs, alors que pour le lot traité, 69,57% des femelles pondeuses se rangent dans les classes 1 à 150 oeufs.

- Pour apprécier les effets du diméthoate sur la fécondité et la fertilité, nous avons appliqué le test de l'analyse de variance à une dimension après avoir transformé les données selon la méthode de FREEMAN-TUKEY [ $1/2 (\sqrt{x} + \sqrt{x+1})$ ]. L'analyse statistique pour l'ensemble des oeufs pondus et des oeufs éclos montre que la différence entre le nombre d'oeufs pondus par femelle dans le lot témoin et le lot traité n'est pas significative ( $F = 1,43$ ). Par contre, l'effet global du diméthoate sur la fécondité et la viabilité des oeufs, entre le lot traité et le lot témoin est significatif ( $F = 2,28$ ).

| Classe d'oeufs                          | Nbre femelles pondeuses pour chaque classe oeufs |                                                  |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                                         | Lot témoin                                       | Lot traité par le diméthoate à la dose de 27µg/g |
| 1 à 50                                  | 2                                                | 5                                                |
| 50 à 100                                | 4                                                | 6                                                |
| 100 à 150                               | 6                                                | 5                                                |
| 150 à 200                               | 3                                                | 2                                                |
| 200 à 250                               | 3                                                | 2                                                |
| 250 à 300                               | 1                                                | 2                                                |
| 300 à 350                               | 1                                                | -                                                |
| 350 à 400                               | 1                                                | 1                                                |
| -----                                   | -----                                            | -----                                            |
| Nombre de femelles pondeuses            | 21                                               | 23                                               |
| Nombre d'oeufs pondus                   | 3256                                             | 2836                                             |
| Fécondité moyenne oeuf/femelle pondeuse | 155,05                                           | 123,30                                           |
| Nombre d'oeufs éclos                    | 2312                                             | 1640                                             |
| Taux d'éclosion                         | 71,01%                                           | 57,83%                                           |
| % de femelles non pondeuses             | 8,70%                                            | 11,54%                                           |
| % de pontes entièrement stériles        | 26,08%                                           | 46,15%                                           |

Tableau 42



**Fig.45** - La distribution des femelles pondeuses en fonction de classes d'oeufs déposés.

- Pour l'effet du diméthoate sur la viabilité des oeufs, nous avons appliqué le test de  $\chi^2$ . L'analyse statistique montre que la différence entre les taux d'éclosion dans le lot témoin et le lot traité est significative ( $\chi^2 = 109,08$  pour 1 ddl).

Ainsi le traitement de larves de *S. calamistis*, au début du dernier stade larvaire, par le diméthoate à la dose de  $27\mu\text{g/g}$ , entraîne, chez les femelles issues des larves survivantes, d'une part une réduction de fécondité de l'ordre de 20%, d'autre part une significative baisse de la viabilité des oeufs (action ovicide).

#### 5.4. SENSIBILITE DES LARVES DE *S. CALAMISTIS* HAMPS. A L'EGARD DE LA DECAMETHRINE ET DU CARBOFURAN.

L'efficacité reconnue de ces deux produits et les caractéristiques de leur action, nous ont incité à étudier leur effet toxique sur les larves de *S. calamistis* Hamps. La décaméthrine est très connue pour son pouvoir insecticide remarquable, sa biodégradabilité, ... (voir propriétés biologiques de ce produit dans le chapitre 4). Le carbofuran a une grande efficacité contre un large spectre de ravageurs agricoles, particulièrement contre les ravageurs du maïs et du riz, en traitement du sol, en raison de son action systémique. Nous avons déterminé les  $DL_{50}$  et  $DL_{90}$  pour les deux produits, en traitement par contact topique, sur des larves de *S. calamistis* en début du dernier stade larvaire.

Les méthodes de traitement par contact topique, la préparation des solutions acétoniques et la composition des lots avant le traitement ont été définies dans le chapitre 4 et le paragraphe précédent.

##### 5.4.1. RECHERCHE DES $DL_{50}$ ET $DL_{90}$ POUR LA DECAMETHRINE.

Nous avons effectué des tests avec 5 doses de 0,8 - 1,6 - 2,56 - 4,10 et  $10,76\mu\text{g/g}$  après avoir déterminé l'intervalle de travail par des tests préliminaires. La répartition des lots avant le traitement figure dans le tableau 43.

**TABLEAU 43 :** Composition des lots dans l'essai définitif effectué pour la détermination de la DL<sub>50</sub>, en traitement par contact avec la dècamèthrine.

| Nombre d'individus de différents poids, par lot |             |             |               |                |                |                |                |                |                |                | Total pour chaque lot |
|-------------------------------------------------|-------------|-------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|
| Classes de poids et médiane (mg)                | 75-84<br>80 | 85-94<br>90 | 95-104<br>100 | 105-114<br>110 | 115-124<br>120 | 125-134<br>130 | 135-144<br>140 | 145-154<br>150 | 155-164<br>160 | 165-174<br>170 |                       |
| Nombre d'individus                              | 31          | 27          | 33            | 23             | 14             | 15             | 13             | 10             | 9              | 5              | 180                   |
| Volume appliqué de solution par larve (en µl)   | 0,8         | 0,9         | 1,0           | 1,1            | 1,2            | 1,3            | 1,4            | 1,5            | 1,6            | 1,7            | -                     |
| Lot traité à la dose 0,8 µg/g                   | 4           | 5           | 7             | 3              | 2              | 3              | 2              | 2              | 1              | 1              | 30                    |
| Lot traité à la dose 1,6 µg/g                   | 5           | 5           | 5             | 4              | 2              | 3              | 2              | 2              | 1              | 1              | 30                    |
| Lot traité à la dose 2,56 µg/g                  | 5           | 5           | 5             | 4              | 2              | 3              | 2              | 2              | 2              | -              | 30                    |
| Lot traité à la dose 4,10 µg/g                  | 5           | 6           | 5             | 4              | 2              | 2              | 2              | 1              | 2              | 1              | 30                    |
| Lot traité à la dose 10,76 µg/g                 | 7           | 3           | 5             | 4              | 3              | 2              | 2              | 1              | 2              | 1              | 30                    |
| Lot traité avec le solvant (acétone)            | 5           | 3           | 6             | 4              | 3              | 2              | 3              | 2              | 1              | 1              | 30                    |

- Poids moyen pour l'ensemble (en mg) et écart-type : 109,32 et 24,92 -

Les larves après traitement sont maintenues en élevage de groupe et nourries à volonté sur milieu artificiel.

Les mortalités observées, 4 jours après traitement, sont indiquées dans le tableau 44. Nous avons cette fois choisi un délai de 4 jours car l'action des pyréthri-noïdes sur les larves se traduit par un effet de choc appelé "Knock down" suivi dans un délai plus ou moins long, soit de la récupération de l'insecte, soit de sa mort. Un temps aussi long nous a donc paru nécessaire, après l'application de la d'écaméthrine, pour évaluer avec certitude la mortalité larvaire finale.

L'analyse probit permet de calculer les droites de régression doses-mortalités et d'en déduire les  $DL_{50}$  et  $DL_{90}$ . Comme pour le diméthoate, nous avons utilisé la méthode la plus précise, dite du maximum de vraisemblance ("the maximum likelihood solution") ou méthode des probits de travail ("working probits"), (FINNEY, 1964). Nous indiquons les calculs d'une façon condensée et pratique, sous forme d'un formulaire et d'un tableau de calcul (Tableau 45). Nous avons tracé sur le graphique (Fig.46) la droite de régression pour la d'écaméthrine.

#### 5.4.2. RECHERCHE DES $DL_{50}$ ET $DL_{90}$ POUR LE CARBOFURAN.

Nous avons effectué les tests avec 5 doses : 20-30-45-67,5 et 101,25  $\mu\text{g/g}$ , croissant en progression géométrique de raison 1,5.

La répartition des lots avant le traitement figure dans le tableau 46. Les larves après traitement sont maintenues en élevage de groupe et nourries à volonté sur milieu artificiel.

Les mortalités observées 2 jours après traitement sont indiquées dans le tableau 47. L'analyse probit permet de calculer les droites de régression doses-mortalités et d'en déduire les  $DL_{50}$  et  $DL_{90}$ . Nous avons utilisé la même méthode que pour le diméthoate et la d'écaméthrine. Nous indiquons les calculs d'une façon condensée et pratique sous forme d'un formulaire et d'un tableau de calcul (Tableau 48).

Tableau 44 : Pourcentages de mortalité obtenus pour des larves de *S. calamistis* HAMPSON traitées par la décaméthrine, 4 jours après le traitement.

| Doses en $\mu\text{g/g}$ | 0,8   | 1,6   | 2,56 | 4,10  | 10,76 | Témoin |
|--------------------------|-------|-------|------|-------|-------|--------|
| Effectif traité          | 30    | 30    | 30   | 30    | 30    | 30     |
| % de mortalité           | 26,7% | 56,7% | 60%  | 86,7% | 100%  | 0%     |

Tableau 47 : Pourcentages de mortalité obtenues pour des larves de *S. calamistis* HAMPSON traitées par le carbofuran, 2 jours après traitement.

| Doses en $\mu\text{g/g}$ | 20  | 30     | 45     | 67,5   | 101,25 | Témoin |
|--------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| Effectif traité          | 30  | 30     | 30     | 30     | 30     | 30     |
| % de mortalité           | 10% | 26,67% | 36,67% | 56,67% | 73,33% | 0%     |

**TABEAU 45 : Calcul de la droite de régression doses - mortalités.**

| Doses<br>µg/g<br>λ | Doses<br>corrigées | Log des<br>doses<br>x | Effectif<br>n | % de<br>mortalité<br>P | Probit<br>empirique<br>y | Probit<br>attendu<br>y' | C.P.<br>w | Probit de<br>travail<br>y'' | Poids<br>n.w = W<br>W | W.x             | W.x <sup>2</sup>             | W.y''              | W.y'' <sup>2</sup>               | W.x.y''             |
|--------------------|--------------------|-----------------------|---------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------|-----------------------------|-----------------------|-----------------|------------------------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|
| 0,8                | 1                  | 0                     | 30            | 26,7                   | 4,38                     | 4,4                     | 0,558     | 4,39                        | 16,74                 | 0               | 0                            | 73,49              | 322,58                           | 0                   |
| 1,6                | 2                  | 0,30                  | 30            | 56,7                   | 5,17                     | 5,2                     | 0,627     | 5,18                        | 18,81                 | 5,64            | 1,69                         | 97,44              | 504,67                           | 29,22               |
| 2,56               | 3,2                | 0,51                  | 30            | 60,0                   | 5,25                     | 5,6                     | 0,558     | 5,22                        | 16,74                 | 8,54            | 4,35                         | 87,38              | 456,17                           | 44,58               |
| 4,10               | 5,13               | 0,71                  | 30            | 86,7                   | 6,11                     | 6,1                     | 0,405     | 6,13                        | 12,15                 | 8,63            | 6,08                         | 74,48              | 456,60                           | 52,90               |
|                    |                    |                       |               |                        |                          |                         |           |                             | ΣW =<br>64,44         | ΣW.x =<br>22,81 | ΣW.x <sup>2</sup> =<br>12,12 | ΣW.y'' =<br>332,79 | ΣW.y'' <sup>2</sup> =<br>1740,02 | ΣW.x.y'' =<br>126,7 |

$$\bar{x} = \frac{\Sigma W.x}{\Sigma W} = \frac{22,81}{64,44} = 0,35$$

$$\bar{y} = \frac{\Sigma W.y''}{\Sigma W} = \frac{332,79}{64,44} = 5,16$$

$$Sx^2 = \Sigma W.x^2 - \frac{(\Sigma W.x)^2}{\Sigma W} = 12,12 - 8,07 = 4,05$$

$$Sxy = \Sigma W.x.y'' - \frac{W.x \cdot \Sigma W.y''}{\Sigma W} = 126,7 - 117,80 = 8,9$$

$$Sy^2 = \Sigma W.y''^2 - \frac{(\Sigma W.y'')^2}{\Sigma W} = 1740,02 - 1718,64 = 21,38$$

$$b = \frac{Sxy}{Sx^2} \pm \sqrt{\frac{1}{Sx^2}} = \frac{8,9}{4,05} \pm \sqrt{\frac{1}{4,05}} =$$

$$b = 2,20 \pm 0,5.$$

$$y = \bar{y} + b (x - \bar{x}) = 5,16 + 2,20 (x - 0,35) =$$

$$y = 5,16 - 0,77 + 2,20 x = 4,39 + 2,20 x$$

$$\chi^2_{L-2} = Sy^2 - \frac{(Sxy)^2}{Sx^2}$$

$$\chi^2_{4-2} = 21,38 - \frac{79,21}{4,05} = 1,82$$

C.P. = Coefficient de pondération.

ADDITIF au TABLEAU 45 : Calcul des doses létales 50 et 90 :

Pour  $y = 5$  :

$$x = m = \log DL_{50} : \bar{x} + \frac{5 - \bar{y}}{b} = 0,35 + \frac{5 - 5,16}{2,20} = 0,28$$

$$\text{antilog de } 0,28 = 1,91$$

$$DL_{50} = \frac{1,91 \times 8}{10} = 1,528 \text{ } \mu\text{g/g}$$

Intervalle de confiance de  $m$  pour  $\chi^2$  non significatif et  $\alpha = 5\%$  :

$$m \pm E. Sm = m \pm 1,96. Sm$$

$$Sm = \sqrt{\frac{1}{b^2} \left[ \frac{1}{\Sigma W} + \frac{(m - \bar{x})^2}{\Sigma x^2} \right]} = \sqrt{\frac{1}{(2,20)^2} \left[ \frac{1}{64,44} + \frac{(0,28 - 0,35)^2}{4,05} \right]}$$

$$Sm = 0,059$$

$$E. Sm = 1,96 \times 0,059 = 0,116$$

$$\text{Limite inférieure} = m - E. Sm = 0,28 - 0,116 = 0,164$$

$$\text{antilog de } 0,164 = 1,46$$

$$\frac{1,46 \times 8}{10} = 1,168 \text{ } \mu\text{g/g}$$

$$\text{Limite supérieure} = m + E. Sm = 0,28 + 0,116 = 0,396$$

$$\text{antilog de } 0,396 = 2,49$$

$$\frac{2,49 \times 8}{10} = 1,99 \text{ } \mu\text{g/g}$$

$$DL_{50} \text{ en } \mu\text{g/g et ses limites : } 1,17 < 1,53 < 1,99$$

Pour  $y = 6,282$  :

$$x = m = \log DL_{90} : \bar{x} + \frac{6,282 - \bar{y}}{b} = 0,35 + \frac{6,282 - 5,16}{2,20} = 0,86$$

$$\text{antilog de } 0,86 = 7,24 \quad DL_{90} = \frac{7,24 \times 8}{10} = 5,79 \text{ } \mu\text{g/g}$$

Intervalle de confiance de  $m$  pour  $\chi^2$  non significatif et  $\alpha = 5\%$  :

$$Sm = \sqrt{0,21 \left[ 0,0155 + \frac{(0,86 - 0,35)^2}{4,05} \right]} = 0,13$$

$$E. Sm = 1,96 \times 0,13 = 0,25$$

$$\text{Limite inférieure} = 0,86 - 0,25 = 0,61$$

$$\text{antilog de } 0,61 = 4,07 \text{ } \mu\text{g/g}$$

$$\frac{4,07 \times 8}{10} = 3,26 \text{ } \mu\text{g/g}$$

$$\text{Limite supérieure : } 0,86 + 0,25 = 1,11$$

$$\text{antilog de } 1,11 = 12,88$$

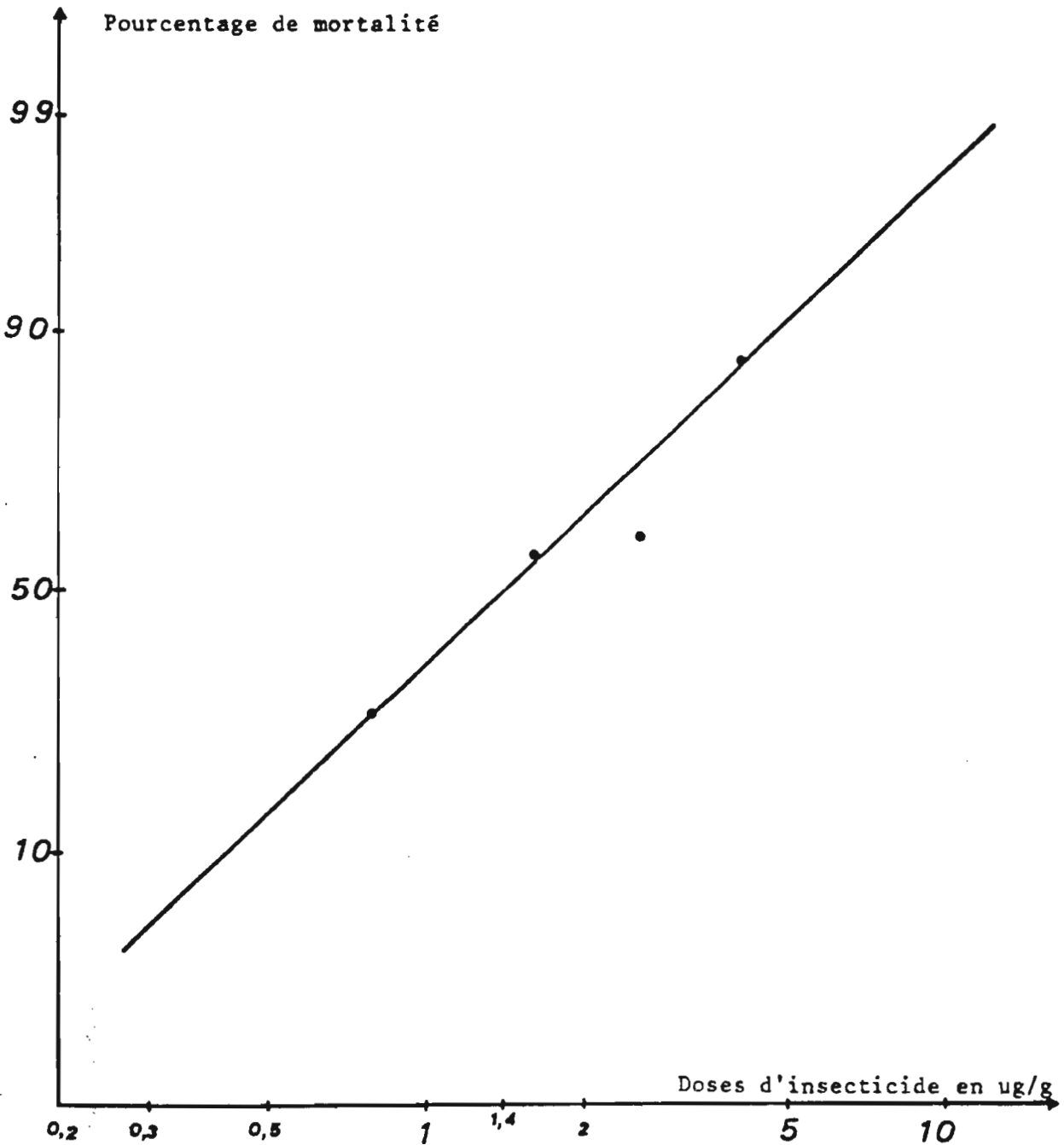
$$\frac{12,88 \times 8}{10} = 10,30 \text{ } \mu\text{g/g}$$

$$DL_{90} \text{ en } \mu\text{g/g et ses limites : } 3,26 < 5,79 < 10,30$$

**TABLEAU 46 : Composition des lots dans l'essai définitif effectué pour la détermination de la DL<sub>50</sub>, en traitement par contact avec le carbofuran**

| Nombre d'individus de différents poids, par lot |             |             |               |                |                |                |                |                |                | Total pour chaque lot |
|-------------------------------------------------|-------------|-------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|
| Classes de poids et médiane (en mg)             | 75-84<br>80 | 85-94<br>90 | 95-104<br>100 | 105-114<br>110 | 115-124<br>120 | 125-134<br>130 | 135-144<br>140 | 145-154<br>150 | 155-164<br>160 | -                     |
| Nombre d'individus                              | 23          | 19          | 37            | 17             | 22             | 23             | 18             | 12             | 9              | 180                   |
| Volume appliqué de solution par larve (en µl)   | 0,8         | 0,9         | 1,0           | 1,1            | 1,2            | 1,3            | 1,4            | 1,5            | 1,6            | -                     |
| Lot traité à la dose 20 µg/g                    | 4           | 3           | 6             | 3              | 3              | 5              | 3              | 2              | 1              | 30                    |
| Lot traité à la dose 30 µg/g                    | 4           | 3           | 6             | 3              | 3              | 2              | 3              | 4              | 2              | 30                    |
| Lot traité à la dose 45 µg/g                    | 4           | 3           | 7             | 2              | 5              | 2              | 3              | 1              | 3              | 30                    |
| Lot traité à la dose 67,5 µg/g                  | 4           | 3           | 6             | 3              | 5              | 5              | 3              | 1              | -              | 30                    |
| Lot traité à la dose 101,25 µg/g                | 3           | 4           | 6             | 3              | 3              | 5              | 3              | 2              | 1              | 30                    |
| Lot traité avec le solvant (acétone)            | 4           | 3           | 6             | 3              | 3              | 4              | 3              | 2              | 2              | 30                    |

- Poids moyen pour l'ensemble (en mg) et écart-type : 112,98 et 22,88 -



**Fig.46-** Droite de régression du probit de la mortalité sur le logarithme de la dose de dècamèthrine. Test effectuè par application topique de 4 doses différentes, avec 30 larves en dèbut de dernier stade larvaire de *S. calamistis* HAMPSON ; mortalité larvaire observèe 4 jours après traitement.

TABLEAU 48 : Calcul de la droite de régression doses - mortalités

| Doses<br>µg/g<br>λ | Log des<br>doses<br>x | Effectif<br>n | Z de<br>mortalité<br>P | Probit<br>empirique<br>y | Probit<br>attendu<br>y' | Probit de<br>travail<br>y'' | C.P.<br>w | Poids<br>n.w=W<br>W | W.x             | W.x <sup>2</sup>             | W.y''             | W.y'' <sup>2</sup>              | W.x.y''            |
|--------------------|-----------------------|---------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------|---------------------|-----------------|------------------------------|-------------------|---------------------------------|--------------------|
| 20                 | 1,30                  | 30            | 10                     | 3,72                     | 3,7                     | 3,72                        | 0,336     | 10,08               | 13,10           | 17,04                        | 37,49             | 139,41                          | 48,72              |
| 30                 | 1,48                  | 30            | 26,7                   | 4,38                     | 4,2                     | 4,40                        | 0,503     | 15,09               | 22,33           | 33,05                        | 66,41             | 292,29                          | 98,27              |
| 45                 | 1,65                  | 30            | 36,7                   | 4,66                     | 4,7                     | 4,67                        | 0,616     | 18,48               | 30,49           | 50,45                        | 86,26             | 402,68                          | 142,33             |
| 67,5               | 1,83                  | 30            | 56,7                   | 5,17                     | 5,2                     | 5,18                        | 0,627     | 18,81               | 34,42           | 63,01                        | 97,36             | 503,92                          | 178,16             |
| 101,25             | 2,01                  | 30            | 73,3                   | 5,62                     | 5,6                     | 5,61                        | 0,558     | 16,74               | 33,65           | 67,63                        | 93,96             | 527,48                          | 188,88             |
|                    |                       |               |                        |                          |                         |                             |           | ΣW =<br>79,2        | ΣWx =<br>133,99 | ΣWx <sup>2</sup> =<br>231,18 | ΣWy'' =<br>341,48 | ΣWy'' <sup>2</sup> =<br>1865,78 | ΣWxy'' =<br>656,36 |

$$\bar{x} = \frac{\Sigma Wx}{\Sigma W} = \frac{133,99}{79,2} = 1,69$$

$$\bar{y} = \frac{\Sigma Wy''}{\Sigma W} = \frac{341,48}{79,2} = 4,31$$

$$Sx^2 = \Sigma Wx^2 - \frac{(\Sigma Wx)^2}{\Sigma W} = 231,18 - \frac{(133,99)^2}{79,2} = 4,5$$

$$Sxy = \Sigma Wxy'' - \frac{\Sigma Wx \cdot \Sigma Wy''}{\Sigma W} = 656,36 - \frac{133,99 \times 341,48}{79,2} = 10,97$$

$$Sy^2 = \Sigma Wy''^2 - \frac{(\Sigma Wy'')^2}{\Sigma W} = 1865,78 - \frac{(341,48)^2}{79,2} = 28,32$$

$$b = \frac{Sxy}{Sx^2} \pm \sqrt{\frac{1}{Sx^2}} = \frac{10,97}{4,5} \pm \sqrt{\frac{1}{4,5}}$$

$$b = 2,44 \pm 0,47$$

$$y = \bar{y} + b(x - \bar{x}) = 4,31 + 2,44(x - 1,69)$$

$$y = 4,31 - 4,12 + 2,44x = 0,19 + 2,44x$$

$$\chi^2_{L-2} = Sy^2 - \frac{(Sxy)^2}{Sx^2}$$

$$\chi^2_{5-2} = 28,32 - \frac{120,34}{4,5} = 1,58$$

C.P. = Coefficient de pondération

ADDITIF au TABLEAU 48 : Calcul des doses létales 50 et 90.

Pour  $y = 5$  :

$$x = m = \log DL_{50} : \bar{x} + \frac{5 - \bar{y}}{b} = 1,69 + \frac{5 - 4,82}{2,44} = 1,76$$

$$DL_{50} = \text{antilog de } 1,76 = 57,54 \text{ } \mu\text{g/g}$$

Intervalle de confiance de  $m$  pour  $\chi^2$  non significatif et  $\alpha = 5\%$  :

$$m \pm E. Sm = m \pm 1,96 Sm$$

$$Sm = \sqrt{\frac{1}{b^2} \left[ \frac{1}{\Sigma W} + \frac{(m - \bar{x})^2}{Sx^2} \right]} = \sqrt{\frac{1}{(2,44)^2} \left[ 0,013 + \frac{(1,76 - 1,69)^2}{4,5} \right]}$$

$$Sm = 0,049$$

$$E. Sm = 1,96 \times 0,049 = 0,096$$

$$\text{Limite inférieure} = m - E. Sm = 1,76 - 0,096 = 1,664$$

$$\text{antilog de } 1,664 = 46,13 \text{ } \mu\text{g/g}$$

$$\text{Limite supérieure} = m + E. Sm = 1,76 + 0,096 = 1,856$$

$$\text{antilog de } 1,856 = 71,78 \text{ } \mu\text{g/g}$$

$$DL_{50} \text{ en } \mu\text{g/g et ses limites : } 46,13 < 57,54 < 71,78$$

Pour  $y = 6,282$

$$x = m = \log DL_{90} = \bar{x} + \frac{6,282 - \bar{y}}{b} = 1,69 + \frac{6,282 - 4,82}{2,44} = 2,29$$

$$DL_{90} = \text{antilog de } 2,29 = 194,98 \text{ } \mu\text{g/g}$$

Intervalle de confiance de  $m$  pour  $\chi^2$  non significatif et  $\alpha = 5\%$

$$Sm = \sqrt{0,17 \left[ 0,013 + \frac{(2,29 - 1,69)^2}{4,5} \right]} = 0,126$$

$$E. Sm = 1,96 \times 0,126 = 0,247$$

$$\text{Limite inférieure} = 2,29 - 0,247 = 2,043$$

$$\text{antilog de } 2,043 = 110,41 \text{ } \mu\text{g/g}$$

$$\text{Limite supérieure} = 2,29 + 0,247 = 2,537$$

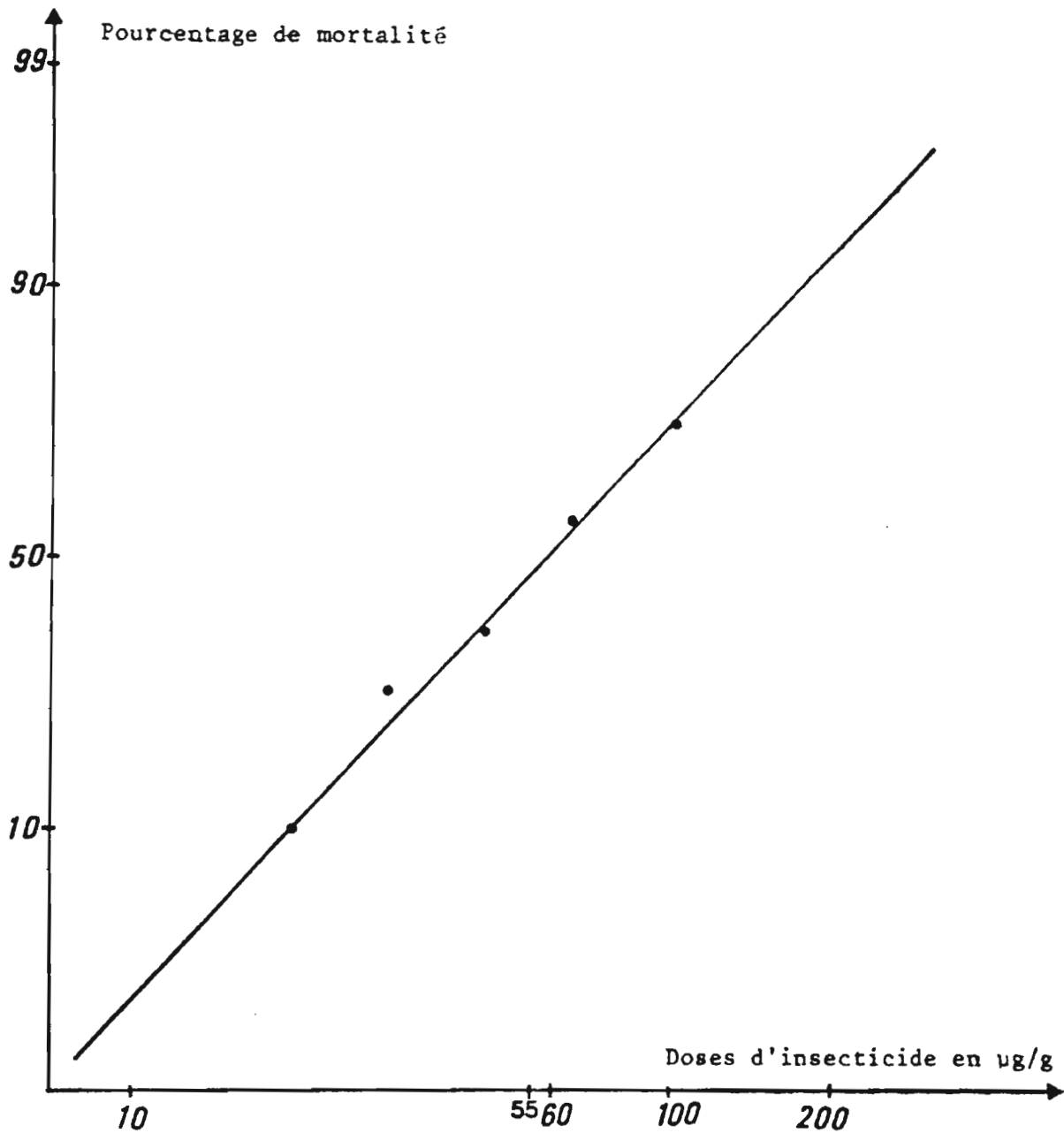
$$\text{antilog de } 2,537 = 344,35 \text{ } \mu\text{g/g}$$

$$DL_{90} \text{ en } \mu\text{g/g et ses limites : } 110,41 < 194,98 < 344,35$$

Nous avons tracé sur un graphique (Fig.47), la droite de régression pour le carbofuran.

#### 5.4.3. RESULTATS.

Les tests de laboratoire qui ont été effectués par application topique montrent que les larves de *Sesamia calamistis* HAMPSON au dernier stade larvaire sont très sensibles à la dècamèthrine ( $DL_{50} = 1,53\mu\text{g/g}$ ) par rapport au carbofuran ( $DL_{50} = 57,54\mu\text{g/g}$ ). Malheureusement la dècamèthrine, qui agit par contact et par ingestion, ne présente pas de propriétés systémiques, au contraire du carbofuran et il serait donc intéressant de rechercher des modalités d'application lui permettant d'agir contre les larves endophytes de *S.calamistis* Hamps.



**Fig. 47-** Droite de régression du probit de la mortalité sur le logarithme de la dose de carbofuran. Test effectué par application topique de 5 doses différentes, avec 30 larves de *S. calamistis* HAMPS. en début de dernier stade larvaire ; mortalité larvaire observée 2 jours après traitement.

## 6. CHAPITRE VI

ETUDE DE L'ACTIVITE SYSTEMIQUE  
(TELETOXICITE) DU CARBOFURAN EN TRAITEMENT DU SOL,  
DES VITESSES D'ACCUMULATION DU CARBOFURAN DANS LE MAIS, DE  
SA REMANENCE DANS LE MAIS ET DE SA DEGRADATION DANS UN SOL

BONNEMAISON (1970) préconise d'utiliser des traitements insecticides par épandage de granulés dans la raie de semis ou en localisation près du système racinaire, afin de permettre à une partie des insectes auxiliaires d'échapper à leurs effets. Les substances utilisées doivent alors posséder un pouvoir d'action systémique.

Nous avons choisi le carbofuran en raison de cette action systémique et de son efficacité contre un large spectre de ravageurs agricoles. Il est très recommandé pour traiter les cultures de riz, de maïs, de betteraves, d'arachides, de pommes de terre, de coton et de légumes. Le carbofuran s'est avéré très efficace contre les ravageurs de maïs et de riz. Comme le montre CONICK (1975), le carbofuran en traitement du sol aux doses autorisées (0,84 et 1,12 kg m.a./ha) s'avère hautement efficace contre les ravageurs du maïs les plus importants aux U.S.A. : *Ostrinia nubilalis*, *Diabrotica* (corn root worms), *Diatraea grandiosella* et les Nématodes.

Cette haute efficacité s'exprime par une très nette augmentation du rendement du maïs traité. De même IWAYA et KOLLMER (1975) ont montré que le carbofuran à la dose de 1,5 kg m.a./ha, sous forme de granulés à 3%, donne de très bons résultats contre les ravageurs

les plus importants des cultures de riz du Sud-Est asiatique : *Tryporyza incertulas* (yellow rice borer), *Nymphula depunctalis* (rice case worm), *Chaphalocrocis medinalis* (grass leafroller) et plus particulièrement contre les delphacides et cicadelles : *Milaparvata lugens*, *Sogatella furcifera*, *Nephotettix impicticeps* et *N. apicalis*. Contre ces derniers ravageurs, l'efficacité du carbofuran est nettement supérieure à celle du diazinon. Ce succès résulte évidemment, également, de la réduction considérable de la transmission des diverses viroses transmises par ces insectes. En Grande-Bretagne, MARTIN et MORRIS (1975) ont montré qu'une seule application de carbofuran à la dose de 0,02 à 0,05 g. de matière active par plant de chou-fleur, en traitement du sol, est suffisante contre le parasite le plus important des cultures de choux, la petite mouche *Phorbia brassicae*. L'action du carbofuran sur ce parasite est très importante car, au début des années 60, ce petit diptère est devenu résistant à la dieldrine qui, à cette époque, était l'insecticide le plus utilisé pour les traitements du sol. Plus récemment, le chlorfenvinphos a été employé dans le même but mais, il n'était pas très efficace contre d'autres parasites du chou tels que le puceron cendré *Brevicoryne brassicae*, les altises et le charançon de la tige du chou *Ceutorrhynchus quadridens*. Par contre, le carbofuran a un effet remarquable contre ce puceron : une diminution considérable des populations de ce parasite a pu être observée jusqu'à 9 semaines après l'application.

#### 6.1. ETUDE DE L'ACTIVITE SYSTEMIQUE (TELETOXICITE) DU CARBOFURAN EN TRAITEMENT DU SOL.

On appelle insecticide systémique (ou télétoxique, ou endothérapie) une substance qui a la propriété d'être absorbée par les végétaux et qui, transportée par la sève dans tous les organes, y subsiste assez longtemps et en quantité suffisante pour rendre ces végétaux toxiques pour les Insectes et les Acariens phytophages piqueurs ou broyeurs (DAJOZ, 1969).

La première observation d'une substance à action endotherapique fut faite aux Etats-Unis où des entomologistes constatèrent que le blé cultivé dans des sols contenant du sélénium n'était pas attaqué par le puceron *Rhopalosiphum praeifoliae* ; ce puceron élevé sur des plants de blé cultivés sur des milieux contenant plus de 0,0003% de sélénium meurt en quelques jours. Mais la grande toxicité du sélénium, supérieure à celle de l'arsenic pour les Mammifères, rend impossible toute application pratique de cette découverte. Il existe aux Etats-Unis des régions où le sol est riche en sélénium et les plantes que l'on y récolte provoquent souvent des intoxications du bétail (BONNEMAISON, 1956).

Les premiers insecticides à action endotherapique ont été obtenus en 1936 par l'allemand SCHRADER, mais ils n'ont été étudiés dans divers pays qu'à partir de 1946 et les travaux se rapportant à ces substances ne furent publiés qu'en 1947 et 1948. Ces nouveaux produits ont suscité un grand intérêt et il a été relevé, dès Décembre 1953, 455 publications ayant trait à ces insecticides (in GIANG, 1954).

BONNEMAISON (1951) a relaté des essais de protection des plantes par arrosage du sol, en comparaison avec des pulvérisations sur le feuillage, avec du schradan, l'Octa Méthyl Pyrophosphor Amide (insecticide endotherapique) et du parathion (insecticide de contact). L'arrosage du sol avec une solution à 0,33% de schradana assurée une bonne protection contre le puceron de la betterave *Myzus persicae* et le puceron du chou *Brevicoryne brassicae*, jusqu'au 25-30ème jour mais cette protection est devenue insuffisante au-delà du 30ème jour. L'arrosage du sol avec du parathion en émulsion ne donne aucun résultat valable. En ce qui concerne le schradan, l'arrosage donne cependant des résultats généralement inférieurs à la pulvérisation bien que la quantité de matière active utilisée à l'hectare soit beaucoup plus élevée.

METCALF a étudié la pénétration du schradan, marqué avec du phosphore radioactif  $^{32}\text{P}$ , chez des plants de citronniers cultivés sur une solution nutritive additionnée de 0,05 g% de ce produit. Il a suivi

la distribution de cet insecticide dans les feuilles et mesuré la toxicité de celles-ci pour l'acarien *Paratetranychus citri*. Les résultats obtenus montrent que, six heures après l'introduction du schradan dans la solution, on le retrouve déjà dans toute la plante (in DAJOZ, 1969). Les expériences que nous avons menées avec le carbofuran, sur les chenilles de *Sesamia calamistis* Hampson, avaient pour but :

- d'évaluer l'efficacité du traitement sur pieds de maïs en incorporant le carbofuran au sol, sous forme de granulés, à différentes doses.

- d'évaluer également l'efficacité du traitement sur pieds de maïs, cultivés dans une solution nutritive additionnée de carbofuran, sous forme de granulés, à différentes doses.

#### 6.1.1. MATERIEL ET METHODES.

Le produit testé est donc le carbofuran sous forme de granulés à 5% de matière active.

Les plants de maïs utilisés sont cultivés en serre dans des pots de matière plastique (environ 250 g. de sol sec) contenant un mélange riche en matière organique préparé spécialement pour des cultures de céréales en serre. Ce mélange se compose de 6 volumes de tourbe TKS<sub>2</sub>, 6 volumes de terreau et 3 volumes de terre franche sableuse.

Les pieds de maïs cultivés sur une solution nutritive sont obtenus à partir de pieds cultivés dans le même sol et transférés 2 jours avant le traitement dans des erlenmeyers contenant environ 500 ml de solution nutritive HOAGLAND et ARNON (in HEWITT, 1952) :

## Composition de la solution nutritive

| Constituant                        | Solutions mères g/l. | Concentration finale dans la solution nutritive g/l. |
|------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------|
| Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | 24,6                 | 0,492                                                |
| KNO <sub>3</sub>                   | 10                   | 0,200                                                |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>    | 11,5                 | 0,230                                                |
| Mg SO <sub>4</sub>                 | 24,5                 | 0,490                                                |

Pour préparer la solution nutritive, il faut prendre 20 ml. de chaque solution mère et un ml. d'un mélange renfermant des microéléments, puis y ajouter de l'eau distillée jusqu'à obtention d'un volume d'un litre. La solution de microéléments est préparée en mélangeant 7,56 g/300 ml de Na<sub>2</sub> EDTA ; 10,11 g/300 ml de FeSO<sub>4</sub>, 7 H<sub>2</sub>O et en complétant avec 400 ml d'eau distillée. L'aération de la solution nutritive, pendant la culture du maïs, est assurée par de petites pompes électriques, à raison de 120 bulles d'air par minute.

Les stades de développement des plantes obtenues sont définis par le nombre de feuilles portées par la tige de maïs. Nous avons effectué le traitement sur pieds de maïs au stade de 4 feuilles (Fig.48).



Fig. 48 : Pieds de maïs au stade de 4 feuilles,  
au moment du traitement.

Les essais sont effectués dans une salle climatisée à  $27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  et 45 à 50% d'H.R., avec un éclairage artificiel comportant 12 heures de jours avec 1600 lux et 12 heures d'obscurité.

L'infestation artificielle a été faite à partir d'insectes produits au laboratoire. Chaque lot d'insectes testés est composé de 30 larves en début de dernier stade larvaire, disposées dans des boîtes en matière plastique à couvercle grillagé contenant des morceaux de tiges de maïs provenant des plants traités (traitement du sol). Le poids moyen de ces larves (déterminé en pesant 120 larves) était de  $91,98 \pm 1,90$  mg.

Deux jours avant de couper les tiges de maïs, les pots sont traités avec des granulés de carbofuran à 5% de matière active. Nous avons utilisé 3 doses plus un témoin. Cette durée du traitement est

suffisante car nous avons montré, en 1978, que le carbofuran appliqué au sol atteint la partie aérienne du maïs dans un laps de temps de 48 heures : la consommation de la végétation après ce délai provoque 100% de mortalité sur des larves de *Schistocerca gregaria* au 2ème stade larvaire lorsque la dose correspond à 1,0 kg. de matière active à l'hectare.

Dans les champs, la densité de semis du maïs se situe aux environs de 40.000 à 50.000 pieds par hectare (espacement entre les lignes 0,80 m et l'écartement sur la ligne 0,25 m).

Nous avons calculé les doses à appliquer par plant de maïs en divisant la dose de matière active par hectare par 45.000, densité moyenne de semis. Les doses d'emploi recommandées sont généralement de 600 à 1000 g. de matière active par hectare, nous avons cependant choisi pour nos tests, au laboratoire, 3 doses correspondant à 200, 300 et 600 g.m.a./ha, (4,44, 6,67 et 13,33 mg de m.a./plant). En effet, les doses à appliquer au champ sont toujours supérieures à celles que l'on détermine au laboratoire, en raison de divers facteurs qui, d'après CHANCOGNE et VIEL (1956), peuvent être :

a). d'ordre chimique et biochimique : la substance pesticide pouvant subir des modifications sous l'influence de la chaleur, de la lumière, de l'eau ou au contact du sol et de la plante traitée.

b). d'ordre physique par suite du changement d'état du produit répandu.

c). d'ordre mécanique : HORSFALL (in CHANCOGNE et VIEL, 1956) cite le vent, le frottement des feuilles les unes contre les autres, la croissance des feuilles et la pluie.

#### 6.1.2. RESULTATS.

Les mortalités larvaires ont été relevées 2 jours après les infestations artificielles, en disséquant les morceaux de tiges de maïs infestés. Les résultats montrent que, dans les 2 jours qui suivent

le traitement du sol et quelle que soit la dose, aucune mortalité n'est enregistrée.

Cela peut être dû :

- à l'insuffisance des doses appliquées
- à la nature du sol utilisé, constitué d'un mélange riche en éléments adsorbants (matière organique, argiles), susceptibles de fixer une partie du carbofuran et de ralentir la pénétration du produit dans la plante par le système racinaire : le délai de 2 jours après traitement est alors insuffisant pour atteindre les chenilles endophytes.

En effet, JAMET et PIEDALLU (1975) ont montré qu'il existe une corrélation positive et significative entre la quantité de carbofuran adsorbée et la teneur des sols en matière organique. Notons cependant que l'adsorption du carbofuran est un phénomène réversible et donc que le produit est susceptible d'être libéré, par la suite, dans la phase liquide du sol. JAMET et PIEDALLU ont retenu un temps d'équilibre de 72 heures pour ce produit.

Ces constatations nous ont incité d'une part à refaire ces mêmes traitements du sol avec des doses plus élevées de carbofuran, correspondant à 2-3-6-9 et 12 kg de matière active à l'hectare. D'autre part, nous avons réalisé la même expérimentation en additionnant la solution nutritive de carbofuran sous forme de granulés aux doses : 0,3-0,6-1,0-1,2 et 2,0 kg de matière active à l'hectare, chiffres volontairement plus modestes que les précédents puisque, dans ce cas, il n'y a pas, théoriquement, adsorption du produit. Le but de cet essai est d'observer l'efficacité du traitement insecticide en localisation de granulés près du système racinaire dans deux milieux différents :

- sol de serre riche (adsorption de produit)
- solution nutritive (pas d'adsorption et rapidité d'absorption radiculaire du produit)

Les résultats obtenus sont représentés dans les tableaux 49, 50.

Pour comparer l'efficacité du carbofuran entre ces deux modes de traitement, nous déterminons les doses critiques qui provoquent une mortalité de 50% des individus utilisés, dans l'un et l'autre de ces tests. Ces doses sont appelées "doses létales médianes" ou  $DL_{50}$ .

L'analyse probit permet, à partir des valeurs expérimentales, de calculer les droites de régression doses-mortalités et d'en déduire les  $DL_{50}$ .

Nous n'avons pas utilisé les valeurs expérimentales donnant des mortalités de 100%, car les points correspondant à ces valeurs étaient très éloignés des droites de régressions déterminées à partir des autres valeurs expérimentales.

Pour déterminer les  $DL_{50}$ , nous avons utilisé la méthode la plus précise, dite du maximum de vraisemblance ("the maximum likelihood solution") ou méthode des probits de travail ("working probits") ; (FINNEY, 1964).

Nous indiquons les calculs d'une façon condensée et pratique sous forme d'un formulaire et d'un tableau de calcul (voir tableaux 51, 52).

Remarque : Si l'on poursuit le calcul de la  $DL_{90}$  avec les quatre premières doses en traitement de la solution nutritive, l'intervalle de confiance obtenu sera très large (dans cet exemple, la  $DL_{90}$  en mg de carbofuran par pied de maïs et ses limites serait de :  $16,52 < 128,23 < 995,41$ ).

Nous avons tracé sur le graphique (Fig.49), le spectre de sensibilité des larves de *S. calamistis* Hamps. en début de dernier stade larvaire suivant les deux modalités de traitement.

TABLEAU 49. Pourcentages de mortalité chez des larves de *S. calamistis* HAMPSON, 2 jours après l'infestation artificielle de tiges de maïs traitées en traitement du sol, à diverses doses de carbofuran.  
(Nombre de larves pour chaque dose : 30).

| Dose en m.a./ha                                 | 2 kg   | 3 kg    | 6 kg    | 9 kg    | 12 kg    | Témoin |
|-------------------------------------------------|--------|---------|---------|---------|----------|--------|
| Dose en m.a./pied de maïs                       | 44 mg  | 66 mg   | 132 mg  | 198 mg  | 266,7 mg | -      |
| Quantité de granulés à 5 % de m.a./pied de maïs | 880 mg | 1,320 g | 2,640 g | 3,960 g | 5,334 g  | -      |
| % de mortalité larvaire                         | 20     | 56,7    | 86,7    | 96,7    | 100      | 0      |

TABLEAU 50. Pourcentages de mortalité chez des larves de *S. calamistis* HAMPSON, 2 jours après l'infestation artificielle de tiges de maïs cultivé sur solution nutritive à laquelle on a ajouté diverses doses de carbofuran.  
(Nombre de larves pour chaque dose : 30).

| Dose en m.a./ha                                 | 0,3 kg | 0,6 kg | 1,0 kg | 1,2 kg | 2,0 kg | Témoin |
|-------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Dose en m.a./pied de maïs                       | 6,5 mg | 13 mg  | 22 mg  | 26 mg  | 44 mg  | -      |
| Quantité de granulés à 5 % de m.a./pied de maïs | 130 mg | 260 mg | 440 mg | 520 mg | 880 mg | -      |
| % de mortalité larvaire                         | 16,7   | 23,3   | 56,7   | 66,7   | 100    | 0      |

TABLEAU 51 : Calcul de la droite de régression doses-mortalités, en traitement du sol.

| Doses mg du Carbofuran/<br>pied de maïs<br>$\lambda$ | Log des doses<br>$x$ | Effectif<br>$n$ | % de mortalité<br>$P$ | Probit empirique<br>$y$ | Probit attendu<br>$y'$ | C.P.<br>$w$ | Probit de travail<br>$y''$ | Poids<br>$n \cdot w = W$<br>$W$ | $W \cdot x$                | $W \cdot x^2$                 | $W \cdot y''$                 | $W \cdot y''^2$                 | $W \cdot x \cdot y''$                 |
|------------------------------------------------------|----------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| 44                                                   | 1,64                 | 30              | 20                    | 4,16                    | 4,2                    | 0,503       | 4,16                       | 15,09                           | 24,75                      | 40,59                         | 62,77                         | 261,21                          | 102,96                                |
| 66                                                   | 1,82                 | 30              | 56,7                  | 5,17                    | 4,9                    | 0,634       | 5,18                       | 19,02                           | 34,62                      | 62,96                         | 98,52                         | 510,31                          | 179,33                                |
| 132                                                  | 2,12                 | 30              | 86,7                  | 6,11                    | 6,1                    | 0,405       | 6,13                       | 12,15                           | 25,76                      | 54,55                         | 74,48                         | 456,60                          | 157,91                                |
| 198                                                  | 2,30                 | 30              | 96,7                  | 6,84                    | 6,8                    | 0,180       | 6,88                       | 5,40                            | 12,42                      | 28,57                         | 37,15                         | 255,58                          | 85,45                                 |
|                                                      |                      |                 |                       |                         |                        |             |                            | $\Sigma W = 51,66$              | $\Sigma W \cdot x = 97,55$ | $\Sigma W \cdot x^2 = 186,67$ | $\Sigma W \cdot y'' = 272,92$ | $\Sigma W \cdot y''^2 = 1483,7$ | $\Sigma W \cdot x \cdot y'' = 525,65$ |

$$\bar{x} = \frac{\Sigma W \cdot x}{\Sigma W} = \frac{97,55}{51,66} = 1,89$$

$$\bar{y} = \frac{\Sigma W \cdot y''}{\Sigma W} = \frac{272,92}{51,66} = 5,28$$

$$Sx^2 = \Sigma W \cdot x^2 - \frac{(\Sigma W \cdot x)^2}{\Sigma W} = 186,67 - \frac{9516}{51,66} = 2,47$$

$$Sxy = \Sigma W \cdot x \cdot y'' - \frac{\Sigma W \cdot x \cdot \Sigma W \cdot y''}{\Sigma W} = 525,65 - \frac{97,55 \cdot 272,92}{51,66} = 10,29$$

$$Sy^2 = \Sigma W \cdot y''^2 - \frac{(\Sigma W \cdot y'')^2}{\Sigma W} = 1483,7 - \frac{(272,92)^2}{51,66} = 41,86$$

$$b = \frac{Sxy}{Sx^2} \pm \sqrt{\frac{1}{Sx^2}} = \frac{10,29}{2,47} \pm \sqrt{\frac{1}{2,47}} = 4,17 \pm 0,64$$

$$y = \bar{y} + b (x - \bar{x}) = 5,28 + 4,17 (x - 1,89) =$$

$$y = -2,60 + 4,17 x$$

$$x^2_{L-2} = Sy^2 - \frac{(Sxy)^2}{Sx^2}$$

$$x^2_{4-2} = 41,86 - \frac{105,88}{2,47} = -1,01$$

C.P. = Coefficient de pondération.

ADDITIF au TABLEAU 51 : Calcul des doses létales 50 et 90.

Pour  $y = 5$

$$x = m = \log DL_{50} : \bar{x} + \frac{5 - \bar{y}}{b} = 1,89 + \frac{5 - 5,28}{4,17} = 1,823$$

$DL_{50}$  = antilog de 1,823 = 66,53 mg du Carbofuran/pied de maïs

Intervalle de confiance de  $m$  pour  $\chi^2$  non significatif et  $\alpha = 5\%$  :

$$m \pm 1,96 S_m$$

$$S_m = \sqrt{\frac{1}{b^2} \left[ \frac{1}{\sum w} + \frac{(\sum w - \bar{x})^2}{\sum x^2} \right]}$$

$$S_m = \sqrt{\frac{1}{(4,17)^2} \left[ \frac{1}{51,66} + \frac{(1,823 - 1,89)^2}{2,47} \right]} = 0,03$$

$$E.S_m = 1,96 \times 0,03 = 0,059$$

$$\text{Limite inférieure} = m - E.S_m = 1,823 - 0,059 = 1,764$$

antilog de 1,764 = 58,08 mg de Carbofuran/pied de maïs

$$\text{Limite supérieure} = m + E.S_m = 1,823 + 0,059 = 1,882$$

antilog de 1,882 = 76,21 mg de Carbofuran/pied de maïs

$DL_{50}$  en mg du Carbofuran/pied de maïs et ses limites :

$$58,08 < 66,53 < 76,21$$

Pour  $y = 6,282$  :

$$x = m = \log DL_{90} = \bar{x} + \frac{6,282 - \bar{y}}{b} = 1,89 + \frac{6,282 - 5,28}{4,17} = 2,13$$

$DL_{90}$  = antilog de 2,13 = 134,90 mg du Carbofuran/pied de maïs

Intervalle de confiance de  $m$  pour  $\chi^2$  non significatif et  $\alpha = 5\%$  :

$$S_m = \sqrt{0,0575 \left[ 0,019 + \frac{(2,13 - 1,89)^2}{2,47} \right]} = 0,049$$

$$E.S_m = 1,96 \times 0,049 = 0,096$$

$$\text{Limite inférieure} = 2,13 - 0,096 = 2,034$$

antilog de 2,034 = 108,14 mg du Carbofuran/pied de maïs

$$\text{Limite supérieure} = 2,13 + 0,096 = 2,226$$

antilog de 2,226 = 168,27 mg du Carbofuran/pied de maïs

$DL_{90}$  en mg du Carbofuran/pied de maïs et ses limites =

$$108,14 < 134,90 < 168,27$$

Tableau 52 : Calcul de la droite de régression doses-mortalités, en traitement de la solution nutritive.

| Doses mg du<br>carbofuran/<br>pied de maïs<br>$\lambda$ | Log des<br>doses<br>$x$ | Effectif<br>$n$ | % de<br>mortalité<br>$P$ | Probit<br>empirique<br>$y$ | Probit<br>attendu<br>$y'$ | C.P.<br>$w$ | Probit<br>de<br>travail<br>$y''$ | Poids<br>$n.w=W$      | $W.x$                   | $W.x^2$                   | $W.y''$                    | $W.y''^2$                     | $W.x.y''$                    |
|---------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 6,5                                                     | 0,81                    | 30              | 16,7                     | 4,03                       | 3,1                       | 0,154       | 5,25                             | 4,62                  | 3,74                    | 3,03                      | 24,26                      | 127,34                        | 19,64                        |
| 13                                                      | 1,11                    | 30              | 23,3                     | 4,27                       | 4,3                       | 0,532       | 4,26                             | 15,96                 | 17,72                   | 19,66                     | 67,99                      | 289,64                        | 75,49                        |
| 22                                                      | 1,34                    | 30              | 56,7                     | 5,17                       | 5,2                       | 0,627       | 5,18                             | 18,81                 | 25,21                   | 33,78                     | 97,44                      | 504,72                        | 130,59                       |
| 26                                                      | 1,42                    | 30              | 66,7                     | 5,43                       | 5,4                       | 0,601       | 5,44                             | 18,03                 | 25,60                   | 36,35                     | 98,08                      | 533,57                        | 139,25                       |
|                                                         |                         |                 |                          |                            |                           |             |                                  | $\Sigma W =$<br>57,42 | $\Sigma W.x =$<br>72,27 | $\Sigma W.x^2 =$<br>92,82 | $\Sigma W.y'' =$<br>287,77 | $\Sigma W.y''^2 =$<br>1455,27 | $\Sigma W.x.y'' =$<br>364,98 |

$$\bar{x} = \frac{\Sigma W.x}{\Sigma W} = \frac{72,27}{57,42} = 1,26$$

$$\bar{y} = \frac{\Sigma W.y''}{\Sigma W} = \frac{287,77}{57,42} = 5,01$$

$$Sx^2 = \Sigma W.x^2 - \frac{(\Sigma W.x)^2}{\Sigma W} = 92,82 - 90,96 = 1,86$$

$$Sxy = \Sigma W.x.y'' - \frac{\Sigma W.x \cdot \Sigma W.y''}{\Sigma W} = 364,98 - 362,19 = 2,79$$

$$Sy^2 = \Sigma W.y''^2 - \frac{(\Sigma W.y'')^2}{\Sigma W} = 1455,27 - 1442,21 = 13,06$$

C.P. = Coefficient de pondération.

$$b = \frac{Sxy}{Sx^2} \pm \sqrt{\frac{1}{Sx^2}}$$

$$b = 1,5 \pm 0,73$$

$$y = \bar{y} + b(x - \bar{x}) = 3,12 + 1,5 x$$

$$\chi^2_{L-2} = Sy^2 - \frac{(Sxy)^2}{Sx^2}$$

$$\chi^2_{4-2} = 13,06 - \frac{(2,79)^2}{1,86} = 8,87$$

ADDITIF au TABLEAU 52 : Calcul de dose létale 50.

Pour  $y = 5$

$$x = m = \log DL_{50} = \bar{x} + \frac{5 - \bar{y}}{b} = 1,26 + \frac{5 - 5,01}{1,5} = 1,253$$

$DL_{50}$  = antilog de 1,253 = 17,91 mg de carbofuran/pied de maïs

Intervalle de confiance de  $m$  pour  $\chi^2$  est significatif et  $\alpha = 5\%$ .

Dans ce cas, il faut multiplier l'écart-type de la moyenne par la racine carrée du facteur  $f$  d'hétérogénéité.

$$f = \sqrt{\frac{\chi^2}{L-2}}$$

$$L \cdot \sqrt{\frac{\chi^2}{L-2}} \cdot S_m$$

$$S_m = \sqrt{\frac{1}{b^2} \left[ \frac{1}{2W} + \frac{(m - \bar{x})^2}{S_{x^2}} \right]} = 0,0275$$

$$\sqrt{\frac{\chi^2}{L-2}} = 2,11$$

Limite inférieure =  $m - 2,11 \times 0,0275 = 1,195$

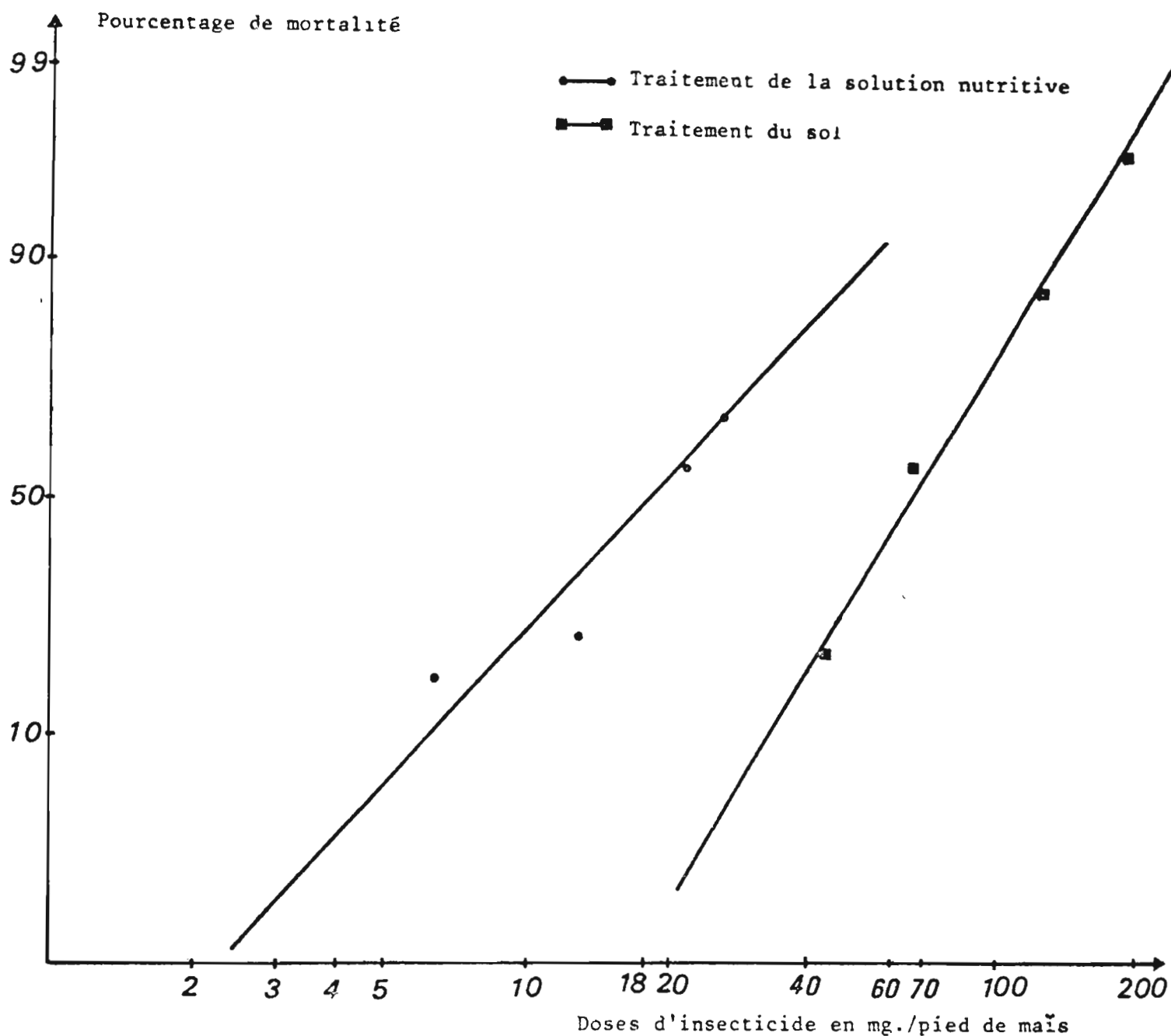
antilog de 1,195 = 15,67 mg du carbofuran/pied de maïs

Limite supérieure =  $m + 0,058 = 1,311$

antilog de 1,311 = 20,46 mg de carbofuran/pied de maïs

$DL_{50}$  en mg du carbofuran/pied de maïs et ses limites :

$$15,67 < 17,91 < 20,46$$



**Fig.49** - Spectre de sensibilité des larves de *S. galeamistis* HAMPSON, en début de dernier stade larvaire, avec 30 individus par dose et deux modalités de traitement. Tests effectués en traitement du sol et de la solution nutritive par le carbofuran sous forme de granulés à 5% de matière active.

Les DL<sub>50</sub> et leurs limites, obtenues suivant les deux modalités de traitement, exprimées en mg. de carbofuran par pied de maïs, sont :

| Modalités de traitement         | Traitement du sol     | Addition de l'insecticide dans la solution nutritive |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------|
| Dose en m.a./pied de maïs en mg | 58,08 < 66,53 < 76,21 | 15,67 < 17,91 < 20,46                                |

La DL<sub>50</sub> pour les larves de *S. calamistis* HAMPSON, en début de dernier stade larvaire est donc 3,7 fois plus élevée avec le traitement du sol qu'avec le traitement de la solution nutritive.

On peut donc conclure de l'ensemble des deux tests que les colloïdes du sol (argiles, matière organique), en fixant une partie du carbofuran par phénomène d'adsorption, modifient grandement son efficacité contre les larves de *Sesamia calamistis* HAMPSON, foreuses de tige de maïs.

Des résultats très analogues ont été obtenus par différents auteurs. Ainsi, BHIRUD et PITRE (1972) ont étudié l'influence de différents types de sols (léger, moyen, lourd) sur l'activité du carbofuran contre *Dalmanella maidis* (Cicadellidae, Homoptera) vecteur du corn stunt disease, sur culture de maïs, en serre, à la dose de 1,1 kg/ha. Cette étude a montré que l'activité systémique du carbofuran est plus grande sur le maïs cultivé dans un sol léger et humide que dans un sol lourd. Ainsi la mortalité de *D. maidis* sur les maïs traités en traitement du sol, est différente selon le type de sol dans lequel le maïs est cultivé. En fonction de cette mortalité, les sols peuvent être classés de la manière suivante et par ordre croissant de rétention du produit : sol sableux-humifère > sol limoneux-humifère > sol limoneux-argileux.

De même, HARRIS (1973) a étudié la variation de l'activité insecticide du carbofuran en fonction de la quantité de matière organique et de l'humidité du sol contre *Acheta pennsylvanicus* (field cricket)

(*Gryllidae*, *Orthoptères*). Il a montré que les sols lourds et très humiques exigent des doses plus élevées de produit insecticide. ABDELLATIF et al. (1967) ont étudié le rôle de l'argile sur l'efficacité du carbofuran contre *Aphis gossypii*, en utilisant des plants de cotonnier cultivés dans des pots traités par 20 mg. du m.a./pot (contenant 2 litres de sol). Les résultats obtenus sont les suivants :

| % d'argile dans le sol | Nbre de jours pour obtenir 100% de mortalité | Persistance de l'efficacité (100% de mortalité) en jours. |
|------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1                      | 2                                            | environ 90                                                |
| 10                     | 6                                            | environ 30                                                |

Ces auteurs ont également étudié le rôle de la matière organique dans les mêmes conditions. Les résultats obtenus sont les suivants :

| Pourcentage de matière organique dans le sol | Persistance de l'efficacité (100% de mortalité) en jours |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 0,65                                         | 120                                                      |
| 3,4                                          | 85                                                       |
| 6,4                                          | 70                                                       |

Remarque : Cette fixation des produits par les colloïdes du sol peut parfois être un avantage dans la mesure où le phénomène est réversible. Par exemple, dans le cas très particulier de rizières où l'eau circule au lieu de stagner, on évite la pollution des émissaires en mettant les granulés dans le sol avant la mise en eau (BOWLING, 1970). De la même façon les sols pauvres en colloïdes ne sont guère intéressants car, en cas de pluie, il y a lessivage des produits vers des horizons profonds où n'atteignent pas les racines des plantes (c'est donc le même cas que celui des engrais chimiques).

Dans la salle climatisée où nous avons réalisé nos essais, nous avons observé des colonies de pucerons sur les tiges et le feuillage de maïs non traités. Par contre, nous avons constaté que les pieds de maïs

traités à la dose de 6 kg.m.a./ha en traitement du sol demeurent indemnes de toute attaque de pucerons pendant 45 jours (Fig.50).



Fig.50 : Colonie de pucerons sur un pied de maïs non traité. On voit en arrière plan un pied indemne de pucerons, traité par le carbofuran en traitement du sol à la dose de 6kg. m.a./ha.

## 6.2. ETUDE DES VITESSES D'ACCUMULATION, DE LA REMANENCE DU CARBOFURAN DANS LE MAÏS ET DE SA DEGRADATION DANS LE SOL ET LA SOLUTION NUTRITIVE.

Les travaux concernant l'efficacité du carbofuran ne peuvent être séparés, dans le contexte actuel, d'une recherche systématique des résidus à la fois dans le sol et dans le maïs.

Le sol est un élément de notre environnement et il est souhaitable d'avoir une information précise sur les niveaux des résidus et les quantités adsorbées par les colloïdes du sol, qui modifient donc l'efficacité du traitement par le carbofuran.

Cette étude doit ainsi permettre de mieux connaître le rôle des colloïdes du sol sur l'intensité de l'absorption du carbofuran par le maïs dans deux milieux différents, un sol riche en matière organique d'une part, une solution nutritive de HOAGLAND et ARNON (pH : 4,9) d'autre part (que nous pouvons assimiler, en quelque sorte, à un sol absolument dépourvu de particules adsorbantes comme le ferait du sable de Fontainebleau). LEROUX et GRETT (1974) ont trouvé que les quantités de carbendazine (fongicide utilisé pour l'enrobage des semences de maïs) détectées dans le maïs croissent dans l'ordre : terre < vermiculite < sable.

HOMER (1975) montre que le carbofuran appliqué à la surface du sol n'est pas adsorbé dans la couche supérieure du sol et se répartit relativement bien dans la zone racinaire des plantes.

GETZIN (1973) a étudié la dégradation du carbofuran en fonction du pH du sol en utilisant du carbofuran marqué au  $^{14}\text{C}$ , dans trois types de sol, un sol alcalin (pH : 7,8), un sol acide (pH : 4,3) et un sol neutre (pH : 6,8). Il a trouvé, d'une part, que le carbofuran s'hydrolyse dans le sol et que les phénols qui en résultent sont, par la suite, métabolisés par les microorganismes du sol, d'autre part que le carbofuran est très instable en sol alcalin : 80% du produit sont

dégradés après 7 jours en sol alcalin, contre 25% en sol neutre et 5-10% en sol acide.

#### 6.2.1. MATERIEL ET TECHNIQUES.

Cette étude a été réalisée dans les mêmes conditions que l'étude de l'activité systémique du carbofuran. De même, le traitement du sol a été effectué sur pieds de maïs au stade de 4 feuilles. Une seule dose de carbofuran a été appliquée, en localisation près du système racinaire, correspondant à 6 kg de matière active/hectare, soit 133,3 mg. de m.a. par pied de maïs (ou encore 2,666 g. de granulés à 5%). Rappelons que cette dose de 6 kg m.a./ha, en traitement du sol, a provoqué 86,7% de mortalité chez les larves de *S. calamistis*.

Le sol utilisé est un mélange riche en matière organique, dont la composition et les principales caractéristiques physico-chimiques sont données dans le tableau 53. Ces données proviennent des analyses effectuées par le laboratoire des sols<sup>(1)</sup> des Services Scientifiques Centraux de l'O.R.S.T.O.M. à Bondy.

Ce sol est sablo-limoneux, peu argileux et très organique. Il a une grande capacité d'échange (41 mē) essentiellement liée à la matière organique (18,3%). C'est un complexe saturé à dominance calcique, possédant un très bon équilibre potassique et magnésien. Le rapport C/N = 16,2 signifie que la matière organique est moyennement humifiée et le pourcentage des acides humiques de condensation indique qu'elle est également peu polymérisée.

L'étude de l'absorption du carbofuran par le maïs dans deux milieux différents nécessite la mise au point d'une méthode de dosage économique et pratique, permettant de déterminer avec précision les résidus de carbofuran dans le maïs, ainsi que dans des échantillons de sol et d'eau.

(1). Nous adressons nos remerciements à MM. DABIN et PELLOUX qui ont bien voulu effectuer, pour nous, ces analyses.

**TABLERAU 53.** Caractéristiques du sol utilisé dans l'étude du rôle des colloïdes du sol sur l'absorption du carbofuran par le maïs.

| Granulométrie                |      | pH                 |       |
|------------------------------|------|--------------------|-------|
| Argile 0 à 2 $\mu$           | 9,5  | Eau                | 7,9   |
| Limon fin 2 à 20 $\mu$       | 10,5 | KCl                | 7,1   |
| Limon grossier 20 à 50 $\mu$ | 6,6  | CO <sub>3</sub> Ca | 4,9 % |
| Sable fin 50 à 200 $\mu$     | 21,5 | calcaire actif     | 0,5 % |
| Sable grossier 0,2 à 2 mm    | 22,6 |                    |       |

|                                                                   |       |
|-------------------------------------------------------------------|-------|
| Capacité d'échange en milli-équivalents pour 100 g de sol sec (T) | 41    |
| Somme des bases échangeables en m.é. (S)                          | 40,76 |
| Taux de saturation en bases S/T                                   | 99 %  |

Eléments échangeables en m.é. pour 100 g de sol sec à l'air

|                  |      |
|------------------|------|
| Ca <sup>++</sup> | 33   |
| Mg <sup>++</sup> | 5,25 |
| K <sup>+</sup>   | 1,98 |
| Na <sup>+</sup>  | 0,53 |

| En % du sol sec à l'air                   |         |
|-------------------------------------------|---------|
| Humus : matière organique légère          | 0,21 %  |
| Acides fulviques liés aux acides humiques |         |
| - A.F. libres                             | 0,111 % |
| - A.F. d'oxydation                        | 0,299 % |
| - A.F. jeunes                             | 0,815 % |
| Somme des acides fulviques                | 1,14    |
| Acides humiques                           |         |
| - A.H. de maturation                      | 0,724 % |
| - A.H. de condensation récente            | 1,354 % |
| Somme des acides humiques                 | 3,30    |
| Fraction insoluble-humine                 | 5,85 %  |
| Somme des matières organiques             | 9,364 % |
| Carbone organique total (C)               | 10,6 %  |
| Matières organiques totales               | 18,3 %  |
| Azote total (N)                           | 0,656 % |
| C/N                                       | 16,2    |

| Acides humiques de maturation   |      |
|---------------------------------|------|
| A.H. gris                       | 49 % |
| A.H. intermédiaires             | 10 % |
| A.H. bruns                      | 48 % |
| Acides humiques de condensation |      |
| A.H. gris                       | 34 % |
| A.H. intermédiaires             | 10 % |
| A.H. bruns                      | 56 % |

Les méthodes de dosages de résidus de carbamates consistent essentiellement en des mesures d'activité par des molécules marquées au  $^{14}\text{C}$  ou des dosages chromatographiques. Les N-méthyl carbamates sont hydroxylés par les plantes et conjugués sous forme de glycosides. Les formes usuelles rencontrées sont donc :

I-Carbofuran II-3- ketocarbofuran III-3-hydroxycarbofuran  
IV-3-hydroxycarbofuran-glycosides.

Les formes I, II et III ne sont extractibles que par les solvants organiques alors que les formes IV sont solubles dans l'eau. Des séparations par extraction peuvent donc permettre de doser, d'une part les formes I, II et III et d'autre part les formes IV de structures chimiques mal connues (CARDONA et DOROUGH, 1973).

Le dosage des 2 phases par marquage radioactif préalable est un bon moyen de connaître leurs proportions, cependant cette technique n'est applicable qu'au laboratoire. D'autre part, si elle est la plus précise pour mesurer la vitesse d'absorption du pesticide en début de culture, elle ne donne pas d'informations sur la structure moléculaire et ses dégradations éventuelles. Les méthodes chromatographiques les plus généralement employées sont de 2 ordres :

- formation de dérivés étherés avec le 1, fluoro-2,4-dinitrobenzène (HOLDEN, 1973).

- dosage du O-méthyl-N-méthylcarbamate après transestérification des extraits (COOK et al. 1969). La méthode de transestérification a été mise au point par MOYE (1971).

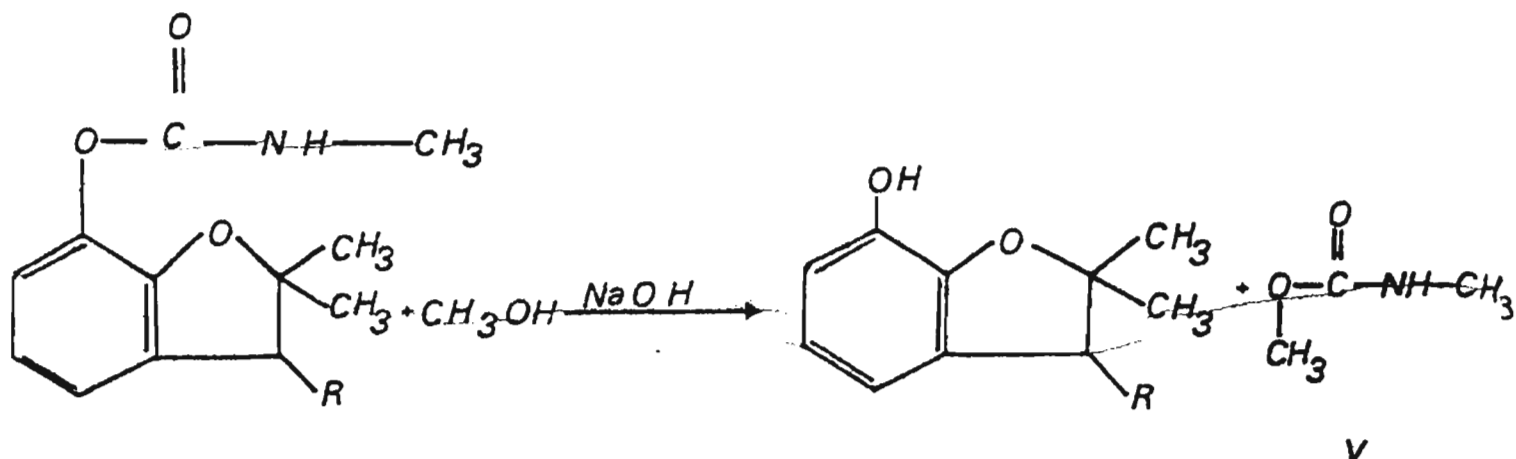


Schéma de la transestérification selon la nature du radical R :

- I-R = H ..... Carbofuran
- II-R = O ..... 3-ketocarbofuran
- III-R = OH ..... 3-hydroxycarbofuran
- IV-R = O-glucoside ..... 3-hydroxycarbofuran-glycoside
- V..... O-methyl-N-methyl carbamate

Nous nous sommes orientés vers la méthode de COOK et al. (1969) qui, d'emploi plus rapide, s'avérerait satisfaisante pour le présent travail. En effet, cette méthode est parfaite pour doser la totalité des O-methyl-N-methyl carbamates présents et permet de déterminer la fraction I + II + III, d'une part, et la fraction glycoside d'autre part. Elle peut être étendue à des dosages de résidus lors d'essais aux champs. Nous avons adopté les méthodes de MÖLLHOFF (1975) pour les extraits végétaux avec des modifications permettant de travailler sur des échantillons plus petits.

Nous avons également mis au point des méthodes d'échantillonnage et d'extraction pour les sols.

Les conditions chromatographiques ont été modifiées et la méthode de chromatographie gaz-solide employée et qui utilise un support

inerte de silice poreuse pour la transméthylation in situ procure une sensibilité améliorée de 10 fois par rapport à celle de MÖLLHOFF (1975).

#### b.2.2. METHODE DE DOSAGE.

En pratique, les échantillons à analyser doivent subir une série d'opérations préalables :

Extraction-Purification-Séparation des fractions aqueuse (IV) et chloroformique (I + II + III). Le détail de ces opérations varie selon les substrats :

a) - Substrat végétal (maïs) :

. *Extraction* : Les pieds de maïs traités subissent deux broyages fins successifs à raison de 10 g de plante pour 40 ml de méthanol. Le broyeur utilisé est du type SORVAIL (Fig.51).

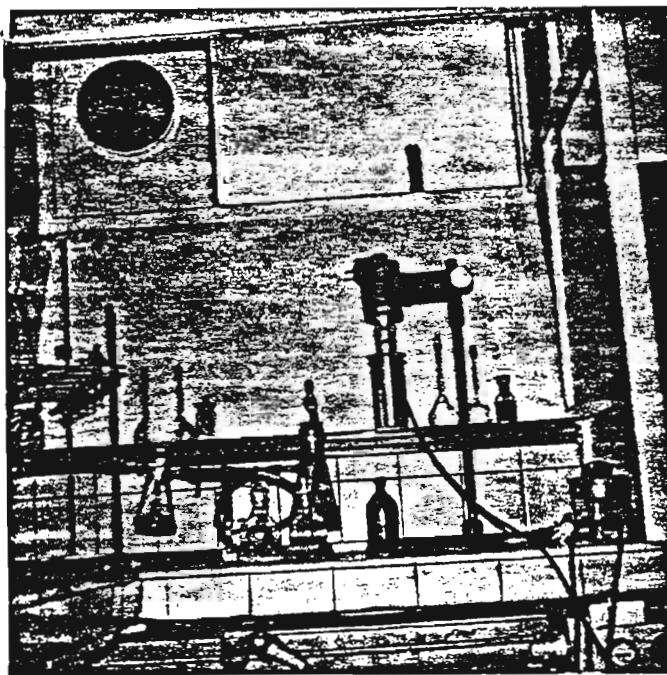


Fig.51 : Le broyeur utilisé pour l'extraction par le méthanol.

Le mélange est ensuite filtré sous vide sur Büchner. Le filtre est rincé par 2 fois avec 10 ml de méthanol et les filtrats sont réunis dans un ballon rodé puis évaporés sous vide à l'évaporateur rotatif (Fig.52) pour éliminer la plus grande partie du méthanol jusqu'à un volume de phase aqueuse d'environ 7 ml.

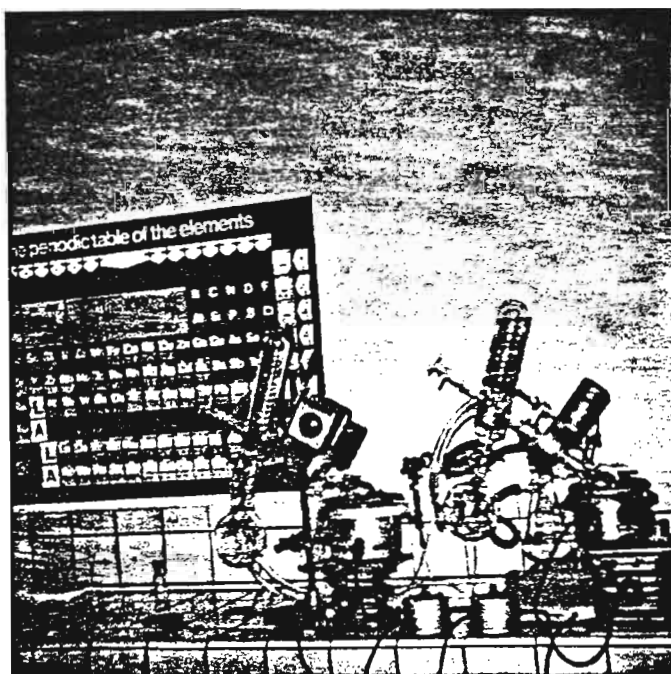


Fig. 52 : Evaporation et concentration de l'extrait à l'aide de l'évaporation rotatif.

. *Purification* : Les milieux aqueux sont transférés dans des ampoules à décanter de 125 ml et une extraction est effectuée avec 20, 20 et 10 ml de chloroforme. La séparation des fractions chloroformiques (I + II + III) et aqueuses (IV) a été effectuée avec soin (Fig.53). La suite des opérations est indiquée dans le tableau 54.

b) - Dans la solution nutritive :

On transfère la solution nutritive dans des ampoules à décanter de 1 litre et on l'extrait successivement par 50, 30 et 20 ml de chloroforme, après rinçage des granulés par le même substrat. On recueille la fraction chloroformique sur un entonnoir bouché par un tampon de

Tableau 54 : Purification des fractions chloroformique et aqueuse

| Fraction aqueuse (IV)                                                                                                                                                                                                                                                      | Fraction chloroformique (I+II+III)                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - L'extrait aqueux est transféré dans les fioles cylindroconiques Sovirel à vis, jaugées à 7,5 ml est effectué avec de l'eau distillée puis on ajoute 2,5 ml de HClN pour la saponification de l'extrait aqueux par ébullition dans l'acide chlorhydrique.                 | - Les extraits chloroformiques doivent être purifiés par précipitation des matières végétales. Ces fractions sont transférées dans un ballon rodé et évaporées à sec sous vide à l'évaporateur rotatif.                                                                                                    |
| - Les extraits sont placés dans des réfrigérants droits Sovirel, mis à bouillir mais avec retour du solvant évaporé dans l'opération pendant 30 mn. On ajoute ensuite 10 ml d'eau distillée par le sommet du réfrigérant et on laisse refroidir 15 mn. (Fig.54)            | - Reprise après évaporation, dans 10 ml de méthanol + 10 ml HCl N/10, refroidissement 15 mn.<br><br>- Filtration et lavage en 3 fois avec 20 ml du mélange en quantités égales de HCl 0,1 N et d'eau.                                                                                                      |
| - Le métabolite non glucosidique III qui se forme est extrait en 3 fois avec 10 ml de chloroforme puis filtré sur un entonnoir bouché avec un tampon de laine de verre et rempli de $\text{Na}_2\text{SO}_4$ anhydre. Enfin, on évapore l'extrait à l'évaporateur rotatif. | - Extraction en 3 fois avec du chloroforme (25 ml) et transfert de l'extrait dans un ballon de 250 ml par filtration à travers un entonnoir bouché avec un tampon de laine de verre et rempli de $\text{Na}_2\text{SO}_4$ anhydre. Enfin, évaporation à sec de l'extrait à l'évaporateur rotatif (Fig.55). |
| - Reprise des extraits secs, 2 fois avec 20 ml de méthanol, en évaporant à sec, chaque fois, à l'évaporateur rotatif.                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| - Reprise par 10 ml exactement de méthanol et transfert dans des tubes coniques gradués bouchés à vis.                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| - Stockage à $-20^\circ\text{C}$ avant injection de ces échantillons dans le chromatographe.                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

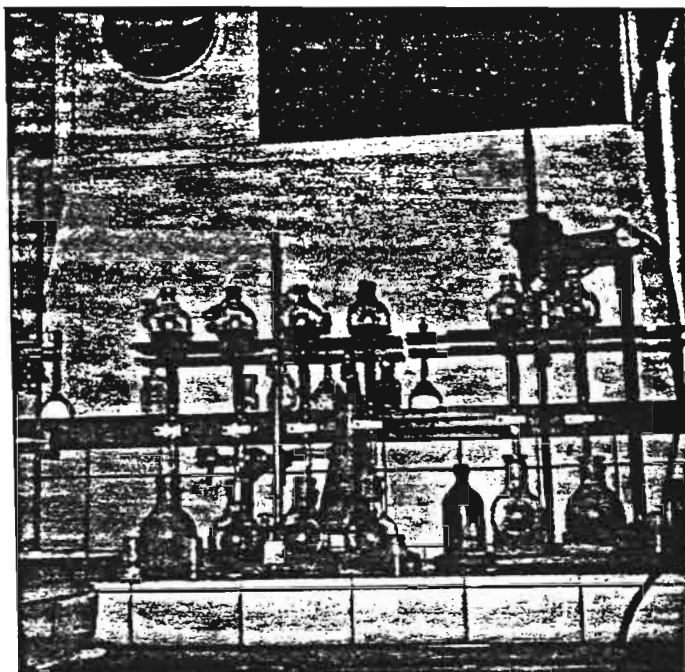


Fig.53 : Séparation des fractions chloroformiques et aqueuses par le chloroforme.

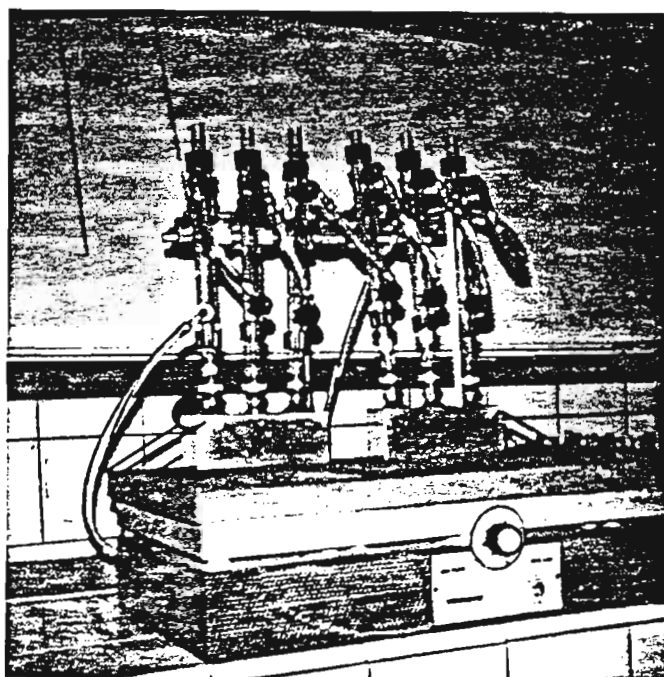


Fig.54 : Saponification de l'extrait aqueux par ébullition dans l'acide chlorhydrique.

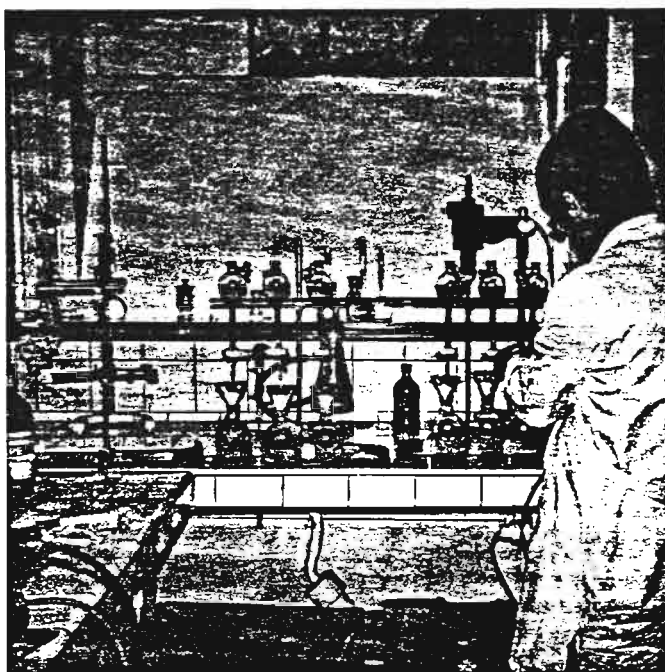


Fig. 55 : Filtration à travers des entonnoirs bouchés par un tampon de laine de verre et remplis de sulfate de sodium.

laine de verre et rempli de sulfate de sodium anhydre.

La fraction chloroformique est évaporée à sec à l'évaporateur rotatif. Ensuite on reprend 2 fois, l'extrait avec 20 ml de méthanol en évaporant à sec, chaque fois. Enfin, le résidu est repris exactement par 10 ml de méthanol dans des petites fioles à bouchons rodés ; elles sont fermées hermétiquement à l'aide de parafilm et placées dans le congélateur à une température de  $-20^{\circ}\text{C}$  pour que tous les échantillons soient injectés dans les mêmes conditions chromatographiques. Une dilution est effectuée avant l'injection, selon les concentrations initiales.

c) - dans le sol :

En vue d'obtenir un échantillon homogène, le sol subit une série d'opérations préalables :

. *Lyophilisation* : Après pesée, le sol est lyophilisé pendant 2 à 3 jours dans le lyophilisateur FLS.3. La température du début de lyophilisation est de  $-40^{\circ}\text{C}$ . Elle augmente progressivement jusqu'à la température ambiante et l'on obtient un sol sec sans risque donc de perte du produit par dégradation. Les échantillons sont ensuite pesés avant broyage (Fig.56).

. *Broyage* : Le sol est broyé manuellement au mortier, puis tamisé à 2 mm. Les éléments grossiers du sol (cailloux, morceaux de bois..) ont été éliminés après pesée.

. *Homogénéisation* : Des sous-échantillons de 10 g ont été obtenus au répartiteur (Fig.57). Cette méthode est connue pour sa précision en analyse chimique des sols. Ces sous-échantillons de 10 g sont "agités" dans 50 ml de méthanol et 50 ml d'eau à l'agitateur "va-et-vient", pendant 6 heures. On ajoute 100  $\mu\text{l}$  de HCl N, puis le mélange est filtré sous vide et le filtre rincé 2 fois avec 15 ml d'un mélange à parts égales de méthanol et d'eau. Les filtrats, réunis, sont ensuite extraits, en 3 fois, avec 30, 20 et 20 ml de chloroforme sur entonnoir bouché par un tampon de laine de verre et rempli de sulfate de sodium anhydre. La suite des opérations est analogue à celle

Fig.56 : Lyophilisateur  
FLS.3. utilisé pour le  
séchage du sol.

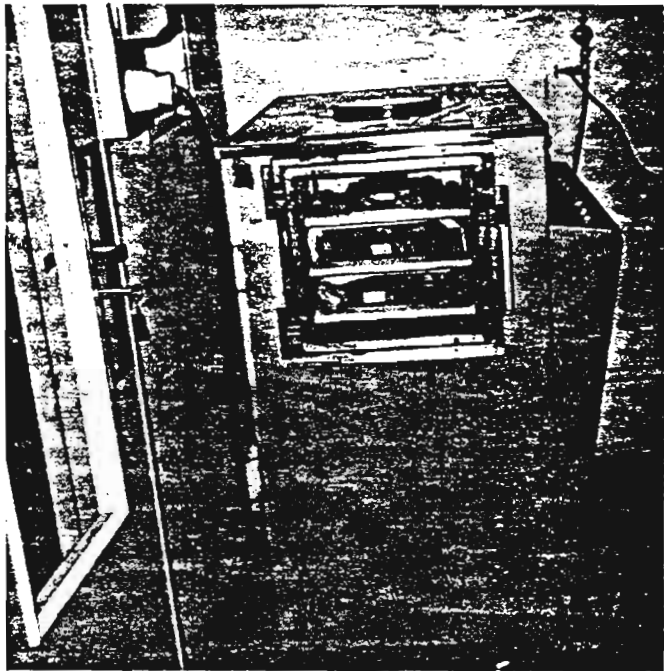
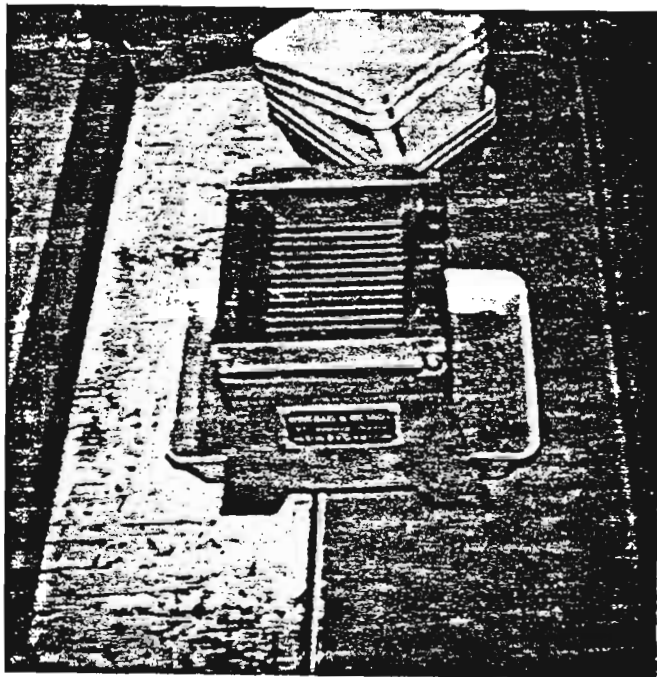


Fig.57 : Répartiteur  
utilisé pour avoir des  
sous-échantillons homogènes



exposée à propos des autres substrats.

d) - Dosage chromatographique de l'ensemble des extraits :

*. Transestérification :*

On prépare un mélange de 950  $\mu$ l de l'extrait et 50  $\mu$ l de Na OH 0,2N dans le méthanol. La transestérification au méthanol avec de la soude s'effectue dans le bloc d'injection d'un chromatographe en phase gazeuse. On détecte les équivalents carbamates sous forme de molécule légère : .O-méthyl-N-méthylcarbamate.

*. Conditions chromatographiques :*

- Appareil : GIRDEL 300
- Détecteur thermoionique
- Colonne : Pyrex 1,4 m x 2 mm remplie de 1,3 m Chromosorb 101, 80-100 Mesh + 10 cm Volaspher A<sub>2</sub> 80-100 Mesh.
- Température du détecteur : 225°C
- Température du four : 180°C
- Température de l'injecteur ; 220°C
- Débit d'azote : 30 ml/min
- Pression d'entrée : 1,3 bars
- Temps de rétention du carbofuran : 2 min
- Atténuation : 16 x 1
- Volume injecté : 2  $\mu$ l

*. Variabilité de la hauteur du pic et courbes d'étalonnage :*

Nous avons testé la variabilité de la hauteur du pic par une série d'injections de concentrations connues (18 injections à la concentration 100  $\mu$ g/ml). Le résultat montre que : la moyenne est égale à 13,22 cm, l'écart-type à 1,23 et le coefficient de variation à 9,30% est satisfaisant pour nos mesures. Une gamme d'étalonnage a donc été préparée à partir de la solution mère de carbofuran à 2% préparée à l'aide du produit technique à 100%. La gamme varie de 5, 10, 30, 60 à 100  $\mu$ g/ml et l'on a fait également une gamme faible de 0,5-1-3-5-10  $\mu$ g/ml.

Les données de la gamme d'étalonnage ont montré que l'on obtenait une représentation linéaire en figurant les concentrations ( $\mu\text{g/ml}$ ) en abscisse et les hauteurs des pics en ordonnée. Nous avons tracé la droite de régression linéaire  $y = 0,11 x + 0,14$  à partir de 3 injections pour chaque dose étalon de la gamme (Fig.58). Le coefficient de détermination  $r^2 = 0,99$  indique un bon ajustement de cette droite. La figure 59 montre une autre droite tracée à partir de la gamme faible.

Ceci indique qu'il n'y a pas d'absorption irréversible du O-méthyl-N-méthyl-carbamate sur la colonne ni sur le support catalyseur de la transméthylation. L'étroitesse et la symétrie du pic obtenu confirme ce fait et aussi que la transméthylation semble rapide et complète dans les conditions de l'expérience.

Cette méthode est donc bien utilisable pour une large gamme de concentrations et la limite de détection dépend uniquement de la sensibilité du détecteur au O-méthyl-N-méthyl-carbamate. On détecte des teneurs de  $0,5\mu\text{g/ml}$  dans les extraits. D'autre part, la linéarité obtenue permet de travailler par comparaison avec un seul étalon.

e) - Rendement du dosage :

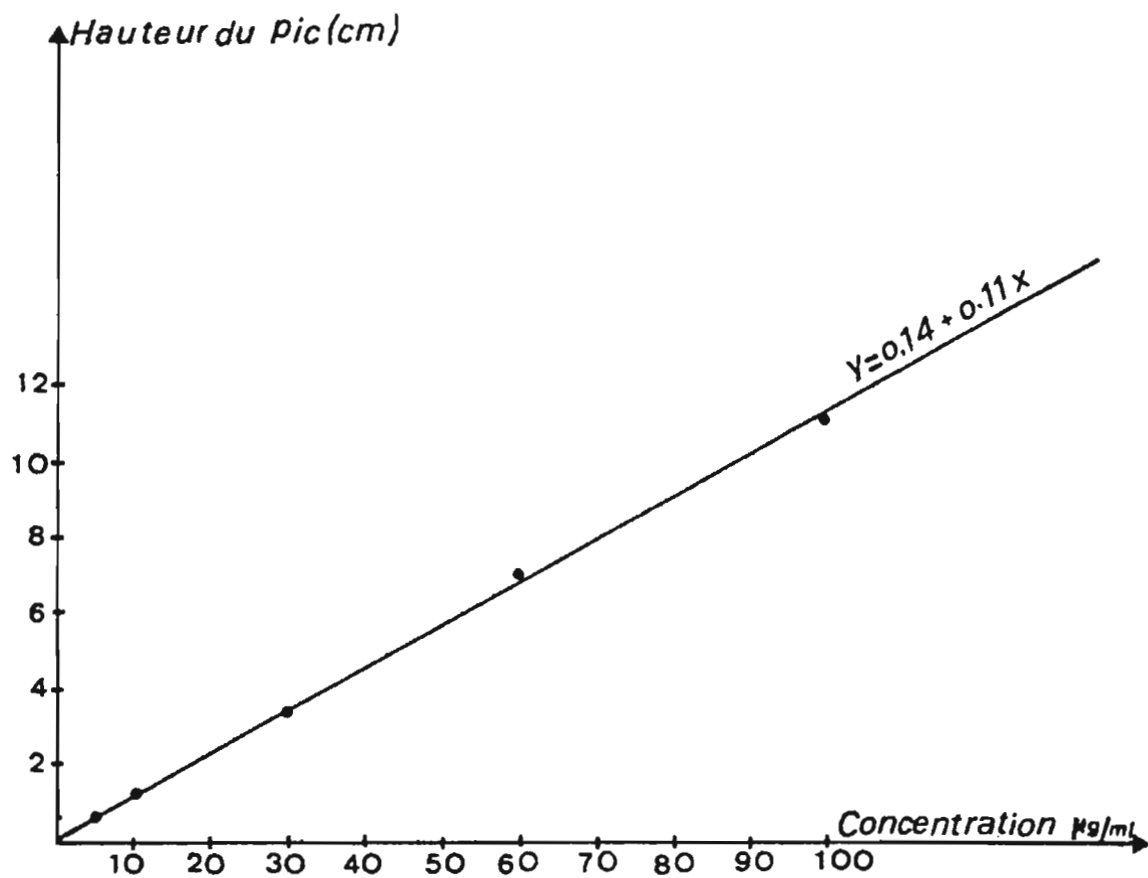
Nous avons donc étudié le rendement de notre méthode d'extraction et de purification pour les substrats végétaux, la solution nutritive et le sol.

Soit :  $T_0$ , la valeur théorique du "Témoin" qui correspond à la quantité de carbofuran ajoutée au départ,

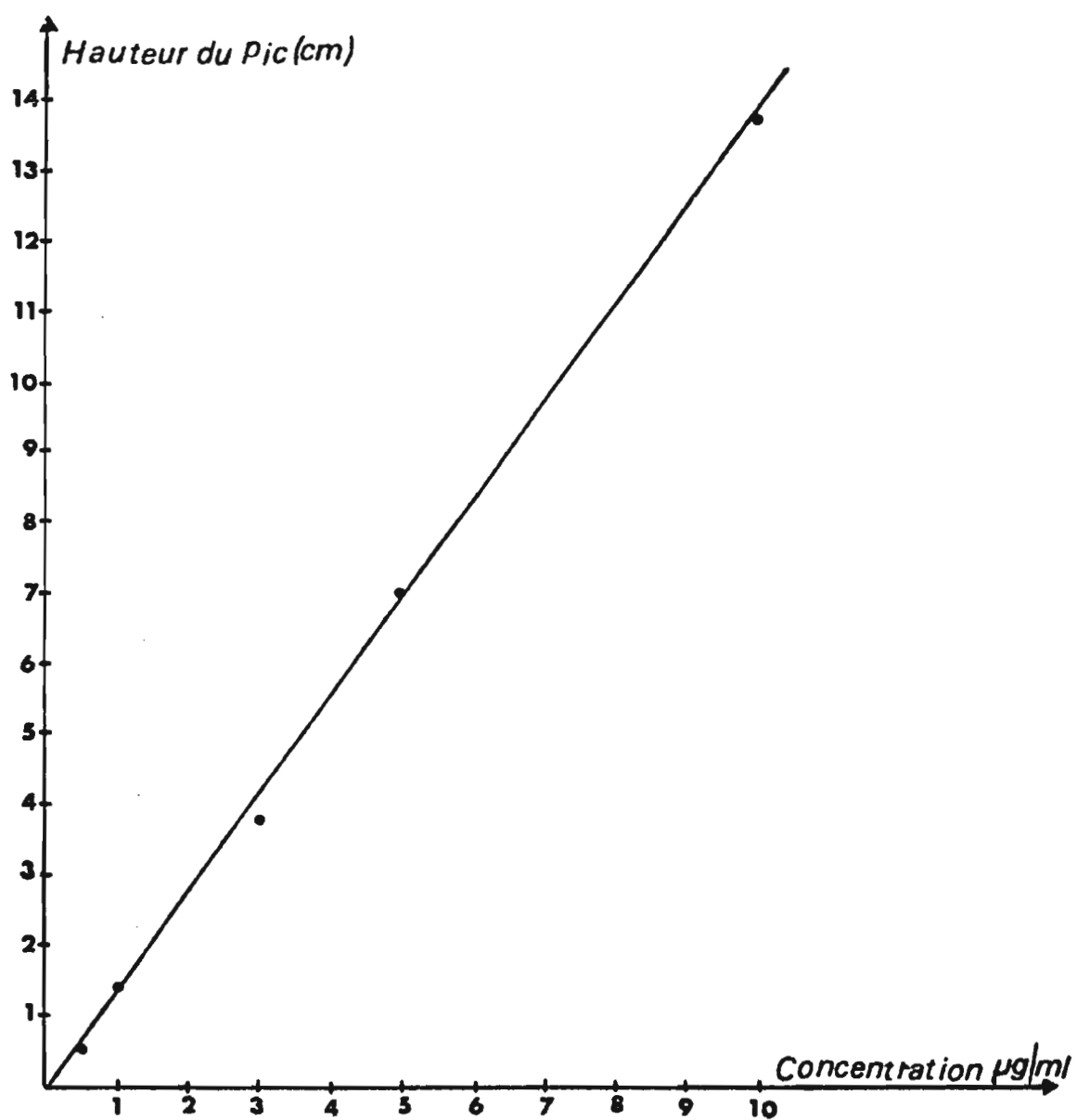
$T$ , la valeur mesurée du Témoin : c'est-à-dire la quantité de produit retrouvée en fin de manipulation

et  $B$ , valeur du "blanc" formé par un échantillon sain (sol, solution nutritive, maïs) auquel on ajoute aucune quantité de produit. Ce "blanc" a toujours été... blanc : il n'y a jamais eu aucun pic qui simule la présence de produit.

Etalonnage de carbofuran

 $R^2 = 0,99$ *Fig. 58*– Gamme d'étalonnage forte

## Etalonnage de carbofuran

*Fig-59* - Gamme d'étalonnage faible.

Les rendements correspondants à chaque substrat sont donnés par la formule :  $x = \frac{T-P}{T_0} \times 100 = \frac{T}{T_0} \times 100$  qui donne : 88,66% pour le maïs, 71,87% pour le sol, 92,28% pour la solution nutritive.

Pour ce qui concerne le sol, nous avons testé l'homogénéité de la quantité de carbofuran dans les sous-échantillons de 10 g du sol provenant de deux pots traités avec 133,3 mg de m.a. de carbofuran. Le rendement dans les sous-échantillons est de : 73,96% - 66,18% - 81,99% et 65,35%. La valeur moyenne du rendement est de 71,87%, l'écart-type de 7,78 et le coefficient de variabilité de 10,83%. Le résultat montre que les sous-échantillons de 10g de sol étaient suffisamment homogènes.

### 6.2.3. RESULTATS.

a). *Comparaison des vitesses d'accumulation du carbofuran dans le maïs cultivé sur deux substrats différents.*

Dans les deux séries d'expériences réalisées dans le sol et la solution nutritive, nous avons dosé les quantités d'équivalents carbamate ayant migré dans le maïs. Les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau 55 et la figure 60.

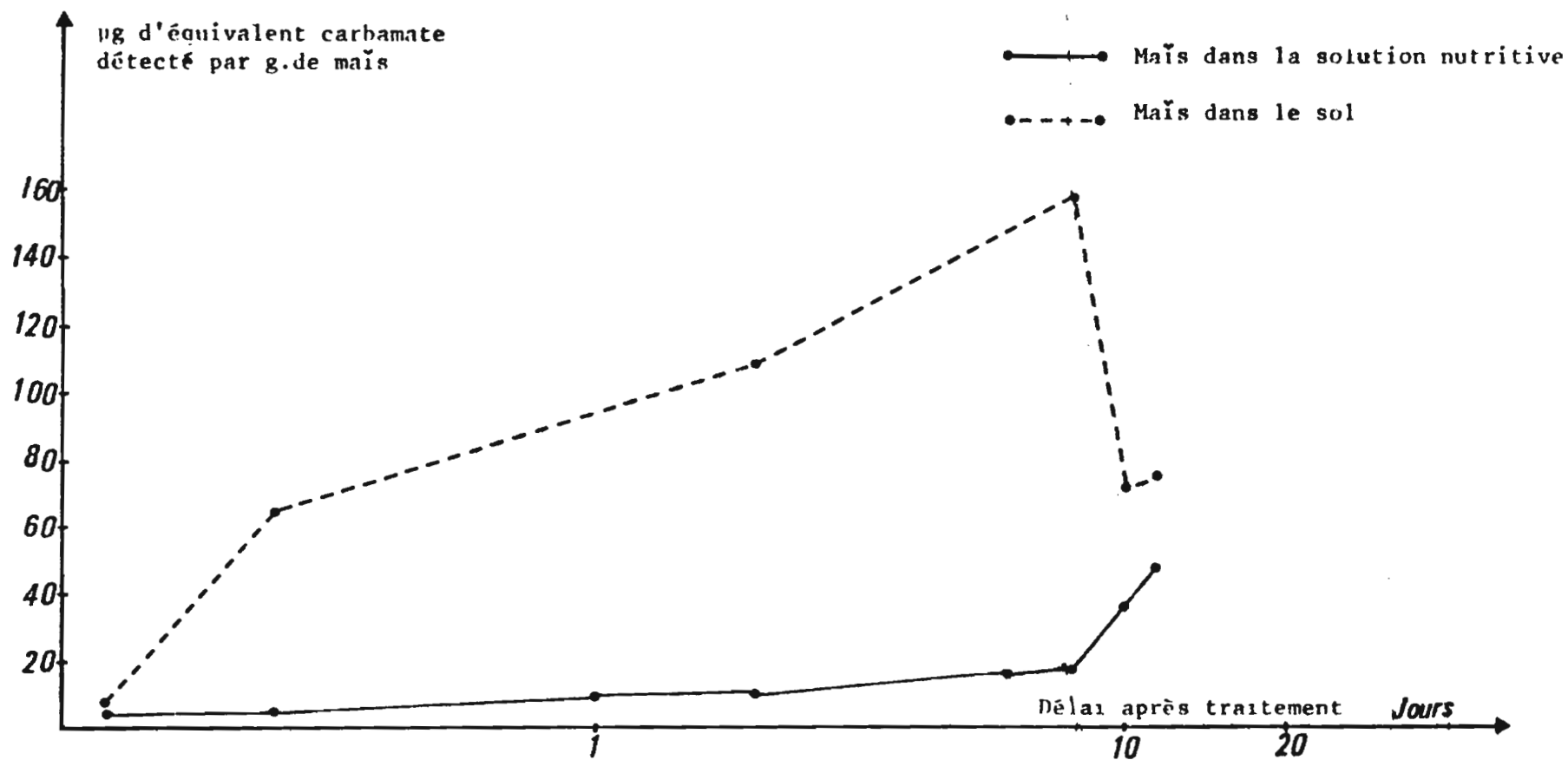
L'examen du tableau 55 et de la figure 60 montre que les vitesses d'accumulation du carbofuran dans le maïs sont ralenties quand le sol est riche en matière organique. La quantité maximale d'équivalents carbamate détectés par gramme de maïs est de 158,69 pour le maïs cultivé en solution nutritive et 48,04 pour le maïs cultivé sur sol. Ces quantités sont obtenues dès le 8ème jour après traitement dans le premier cas et le 13ème jour après traitement dans le deuxième cas.

b). *Rémanence du carbofuran dans le maïs.*

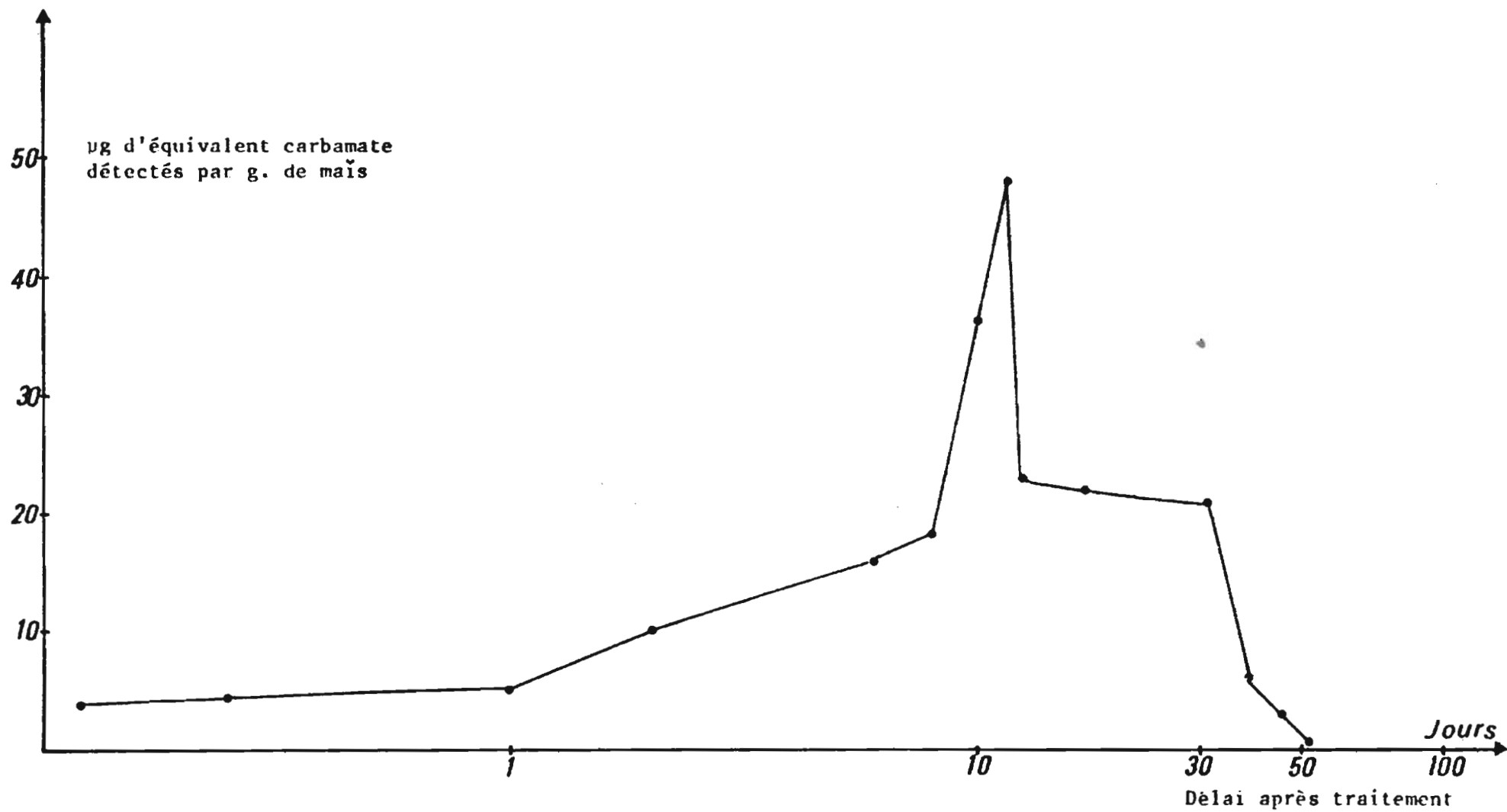
Nous avons suivi l'évolution des quantités d'équivalents carbamate dans le maïs cultivé sur le sol riche en matière organique et les résultats obtenus sont groupés dans le tableau 56 et les figures 61 et 62.

| Délai après traitement<br>(en jours) | Nature du substrat | Quantité d'équivalents carbamate détectée    |                                                             |                                       |               |
|--------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------|
|                                      |                    | Dans les extraits<br>aqueux (IV) en<br>µg/ml | Dans les extraits<br>chloroformiques<br>(I+II+III) en µg/ml | Quantité totale<br>en µg/pied de maïs | µg/g. de maïs |
| 0,125                                | Sol                | -                                            | 1,53                                                        | 15,3                                  | 4,03          |
|                                      | Solution nutritive | -                                            | 3,57                                                        | 35,7                                  | 6,87          |
| 0,25                                 | Sol                | -                                            | 2,21                                                        | 22,1                                  | 4,81          |
|                                      | Solution nutritive | 1,24                                         | 28,57                                                       | 29,81                                 | 65,45         |
| 1                                    | Sol                | -                                            | 2,44                                                        | 24,4                                  | 5,26          |
|                                      | Solution nutritive | -                                            | -                                                           | -                                     | -             |
| 2                                    | Sol                | -                                            | 4,95                                                        | 49,5                                  | 10,44         |
|                                      | Solution nutritive | 0,36                                         | 58,4                                                        | 587,6                                 | 108,37        |
| 6                                    | Sol                | -                                            | 15                                                          | 150                                   | 16,75         |
| 8                                    | Sol                | -                                            | 12,22                                                       | 122,2                                 | 18,8          |
|                                      | Solution nutritive | 1,54                                         | 75                                                          | 765,4                                 | 158,69        |
| 10                                   | Sol                | 0,36                                         | 20,77                                                       | 211,3                                 | 36,01         |
|                                      | Solution nutritive | 0,38                                         | 27,39                                                       | 277,7                                 | 72,08         |
| 13                                   | Sol                | 2,27                                         | 33,48                                                       | 357,5                                 | 48,04         |
|                                      | Solution nutritive | 1,54                                         | 30                                                          | 315,4                                 | 77,54         |

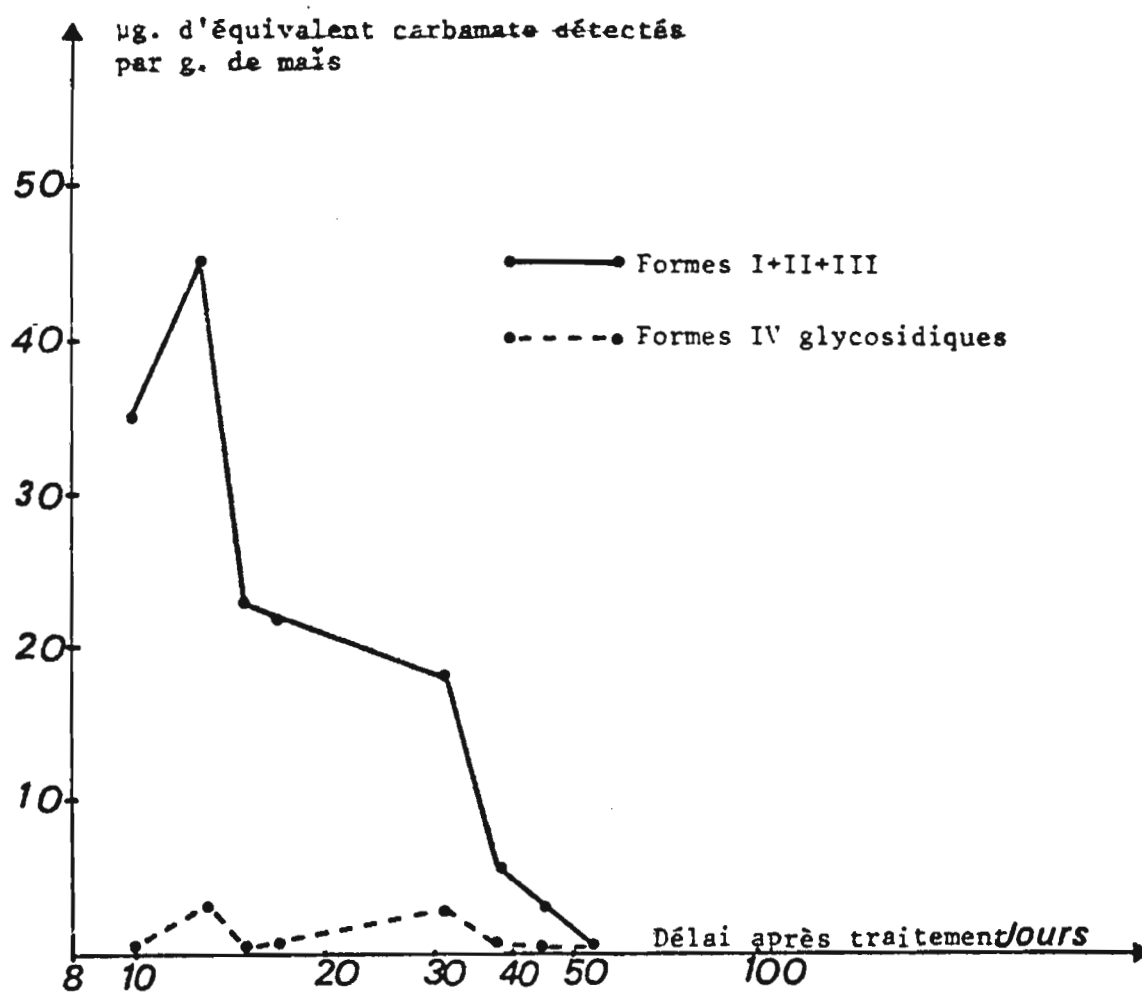
**Tableau 55 :** Estimation quantitative des vitesses d'accumulation du carbofuran dans le maïs selon la nature du substrat.



**Fig-60** - Absorption du carbofuran par le maïs dans deux milieux différents, un sol riche en matière organique d'une part, une solution nutritive d'autre part.



**Fig-61-** Rémanence du carbofuran dans le maïs sur le sol traité à la dose de 133,3 mg de m.a./pied de maïs



**Fig-62-** Evolution des formes I+II+III et formes IV glycosidiques dans les extraits de maïs sur le sol traité

| Délai après<br>traitement<br>(en jours) | Quantités d'équivalents carbamate détectées  |                                                                |                                       |                             |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
|                                         | Dans les extraits<br>aqueux (IV) en<br>µg/ml | Dans les extraits<br>chloroformiques<br>(I+II+III) en<br>µg/ml | Quantité totale<br>en µg/pied de maïs | Quantité en<br>µg/g de maïs |
| 15                                      | 0,62                                         | 35,35                                                          | 359,7                                 | 23,64                       |
| 17                                      | 1,54                                         | 41,30                                                          | 428,4                                 | 22,89                       |
| 31                                      | 10,11                                        | 65,64                                                          | 757,5                                 | 21,26                       |
| 38                                      | 1,85                                         | 13,97                                                          | 158,2                                 | 6,19                        |
| 45                                      | 1,18                                         | 11,34                                                          | 125,2                                 | 3,63                        |
| 52                                      | 0,34                                         | 2,31                                                           | 26,5                                  | 0,76                        |

**Tableau 56 : Rémanence du carbofuran dans le maïs sur  
le sol traité à la dose de 133,3 mg de m.a. par pied de maïs**

L'examen des tableaux 55 et 56 montre que la quantité maximale de carbofuran absorbée, sous toutes ses formes, dans le maïs, est obtenue au 13ème jour après traitement du sol, puis elles diminuent, cette diminution devenant très rapide après 31 jours.

Il est intéressant de remarquer (Fig.62) que les formes glycosidiques (IV) commencent à être détectées à partir du 10ème jour après traitement du sol. Ce qui pourrait indiquer un début du processus de dégradation du carbofuran dès cette période.

52 jours après traitement, la quantité détectée d'équivalent carbamate n'est plus que de 0,76µg/g de maïs, elle est alors insuffisante pour protéger le maïs contre les pucerons. Nous avons voulu, à cette occasion, déterminer la quantité d'équivalent carbamate qui doit exister dans le maïs afin de bien le protéger contre les pucerons ; elle est de 2,37µg/g de maïs dans les feuilles, de 0,087µg/g dans les tiges et de 0,124µg/g dans les racines ; soit au total 2,581µg/g de maïs ; cette dose ayant été trouvée 42 jours après le traitement du sol, on peut en conclure qu'il faudrait donc traité tous les 40 jours environ pour avoir une protection permanente.

*c). Dégradation du carbofuran dans le sol et la solution nutritive.*

Nous avons étudié la dégradation du carbofuran dans les deux substrats utilisés pour la culture du maïs, dans nos essais. Après prélèvements des pieds de maïs pour le dosage chromatographique, les substrats ont subi différentes opérations en vue de déterminer les résidus du carbofuran dans le sol et la solution nutritive (paragraphe 6.2.2.). Les résultats obtenus dans les deux séries d'expériences sont groupés dans le tableau 57 et la figure 63.

Les quantités absorbées par les pieds de maïs (µg) sont faibles par rapport aux quantités retrouvées dans le sol et la solution nutritive. Les courbes de la figure 63 traduisent la dégradation du carbofuran dans ces deux substrats. Ces courbes montrent que cette dégradation commence à apparaître dès le 1er jour de traitement, dans chaque cas.

Tableau 57 : Dégradation du carbofuran dans le sol  
et la solution nutritive après traitement à la dose de 133,3 mg de m.a./pied de maïs

| Délai après traitement<br>(en jours) | Nature du substrat | Quantité d'équivalent carbamate détectée |                                                                                                           |
|--------------------------------------|--------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      |                    | Dans les extraits,<br>en µg/ml           | Quantité totale en mg,<br>pour la totalité de l'é-<br>chantillon compte tenu<br>du rendement des analyses |
| 0,125                                | Sol                | 29,66                                    | 132,89                                                                                                    |
|                                      | Solution nutritive | 119,86                                   | 129,89                                                                                                    |
| 0,25                                 | Sol                | 29,35                                    | 130,28                                                                                                    |
|                                      | Solution nutritive | 118,50                                   | 128,41                                                                                                    |
| 1                                    | Sol                | 26,32                                    | 128,54                                                                                                    |
|                                      | Solution nutritive | 111,11                                   | 120,41                                                                                                    |
| 2                                    | Sol                | 16,54                                    | 89,52                                                                                                     |
|                                      | Solution nutritive | 75,44                                    | 79,58                                                                                                     |
| 6                                    | Sol                | 14,92                                    | 51,90                                                                                                     |
|                                      | Solution nutritive | 38,61                                    | 41,84                                                                                                     |
| 8                                    | Sol                | 15,22                                    | 60,78                                                                                                     |
|                                      | Solution nutritive | 35,64                                    | 38,62                                                                                                     |
| 10                                   | Sol                | 15,80                                    | 72,10                                                                                                     |
|                                      | Solution nutritive | 31,68                                    | 34,33                                                                                                     |
| 13                                   | Sol                | 13,68                                    | 65,15                                                                                                     |
|                                      | Solution nutritive | 28,73                                    | 31,13                                                                                                     |
| 31                                   | Sol                | 17,3                                     | 70,04                                                                                                     |
| 38                                   | Sol                | 3,16                                     | 13,80                                                                                                     |
| 45                                   | Sol                | 1,97                                     | 8,33                                                                                                      |
| 52                                   | Sol                | 1,52                                     | 6,64                                                                                                      |

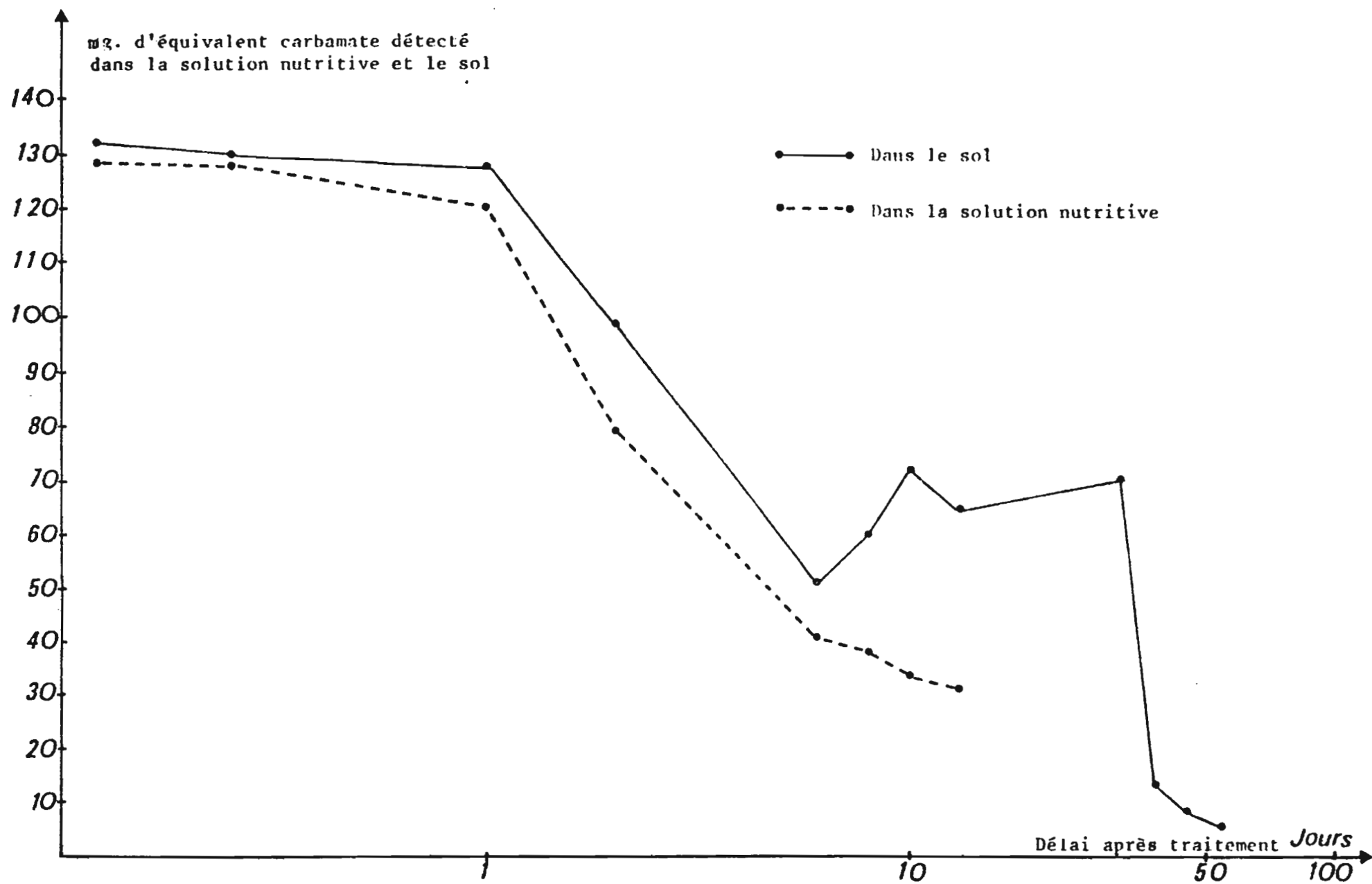


Fig-63- Dégradation du carbofuran dans le sol et la solution nutritive.

Elle se poursuit de manière analogue dans les deux milieux jusqu'à 6 jours après traitement. On retrouve alors 30% de la quantité initiale dans la solution nutritive où cette dégradation se poursuit et dès le 13ème jour la quantité restante est inférieure au quart de la quantité initiale. Dans le sol, par contre jusqu'au 31ème jour la quantité retrouvée reste stable (50% de la quantité initiale, en moyenne) mais elle décroît assez brusquement par la suite ; le 52ème jour après traitement, il ne reste plus que 5% de la quantité initiale. La remanence du carbofuran semble donc liée à la composition du sol et sans doute à son adsorption par le complexe argilo-humique. Il serait intéressant de préciser le mécanisme de cette adsorption avec différents types de sols.

## CONCLUSIONS GENERALES.

Le présent travail décrit la technique d'élevage de *Sesamia calamistis* HAMPSON sur milieu semi-synthétique à base de semoule de maïs, ainsi que la méthode de la ponte sur support artificiel, qui nous ont permis de mettre au point une production importante du ravageur, en laboratoire, tout au long de l'année et qui nous ont assurées de façon régulière les insectes qui exigeaient nos diverses expériences. L'élevage sur milieu semi-artificiel donne des résultats inférieurs à celui sur plante-hôte naturelle (maïs), par contre, nous avons constaté que l'élevage sur ce milieu produisait des insectes plus "homogènes" que sur plante-hôte naturelle, ce qui est, en somme, préférable pour la réalisation de test.

La nécessité de connaître le potentiel reproducteur de l'espèce et les facteurs qui peuvent le modifier, dans le cadre de l'étude des modifications apportées par un traitement insecticide, nous a conduit à montrer que la fécondité de *Sesamia calamistis* HAMPSON, est bien en relation avec le poids des chrysalides femelles (corrélation positive entre leur poids et la quantité d'oeufs déposés). L'intérêt de ce résultat est de pouvoir déterminer l'effet de certains insecticides sur le poids nymphal et en conséquence sur la fécondité. L'une des applications possibles est l'échantillonnage de chrysalides femelles pour une estimation des potentialités biotiques de l'insecte, dans une culture de maïs par exemple. L'accouplement joue un rôle important sur le comportement de ponte chez *S. calamistis* HAMPSON. Il se produit obligatoirement au début de la vie imaginale (au moins pendant les trois premiers jours). Nous avons également montré que 56% des oeufs sont pondus durant la deuxième nuit et que ce nombre diminue durant la troisième nuit pour atteindre un pourcentage de 31%. Il est connu que la femelle de *S. calamistis* ne dépose ses oeufs que sous les gaines des plants de graminées. Nous avons montré que de tels supports naturels ont reçu 21,09% d'oeufs de plus que les supports synthétiques utilisés dans notre élevage. Nous avons ensuite cherché le rapport entre l'humidité du support de ponte et la fécondité de *S. calamistis*

et les résultats montrent que le degré d'imbibition du support de ponte joue un rôle important ; la quantité d'eau absorbée par les supports synthétiques de ponte a une action stimulatrice sur le choix du lieu de ponte. Notre travail porte, en second lieu, sur les effets comparés, à court et moyen termes, d'organophosphorés, de carbamates et de pyréthrinoïde de synthèse insecticides ; nous apportons donc des précisions qui doivent contribuer à améliorer l'efficacité de la lutte contre la sésamie tout en diminuant les risques de gaspillage, de pollution et de rupture d'équilibre biologique. Les substances expérimentées sont appliquées, directement sur le tégument de la larve, à des doses inférieures aux doses normalement nécessaires pour une rapide mortalité des sésamies. L'examen des résultats obtenus par l'application topique d'insecticides nous permet de tirer les conclusions suivantes :

- Le carbofuran manifeste réellement un effet inhibiteur sur la croissance des larves femelles de *S. calamistis*.

- L'ester phosphorique (diméthoate) entraîne une réduction de fécondité de l'ordre de 20% et une baisse significative de la viabilité des oeufs. Une explication de ce phénomène pourrait être une perturbation de l'équilibre endocrinien. Il conviendrait d'examiner les éventuelles perturbations du système neuroendocrinien dues à ces traitements insecticides. Car, chez les vertébrés, il existe des corrélations entre l'effet des toxiques du système nerveux et l'équilibre hormonal de l'organisme. Aucune conclusion claire ne peut être donnée pour ce qui concerne la fertilité des oeufs sans effectuer l'étude des divers stades embryonnaires de *S. calamistis* HAMPSON et des éventuelles anomalies qui peuvent être observées à la suite d'un traitement insecticide. Comme chez la plupart des insectes, la mortalité des oeufs est fonction de leurs stades de développement. Seule, la connaissance de l'embryogenèse permettrait d'analyser la réaction des divers stades embryonnaires de *S. calamistis* HAMPSON, aux toxiques.

- Les larves de *S. calamistis* Hamps. sont très sensibles à la décaméthrine, davantage qu'au carbofuran qui est pourtant recommandé contre la sésamie. Malheureusement la décaméthrine, qui agit par contact et par ingestion, ne présente pas de propriétés systémiques, à l'inverse du carbofuran et il serait donc intéressant de rechercher des modalités d'application lui permettant d'agir efficacement contre les larves (endophytes !) de *S. calamistis* Hamps.

Enfin, nous avons dressé le spectre de sensibilité des larves de *S. calamistis* Hamps. selon deux modalités de traitement par le carbofuran : en traitement d'un sol riche en matières organiques et en traitement d'une solution nutritive (analogue à un sol neutre tel qu'un sable de Fontainebleau, par exemple). On peut conclure que les colloïdes du sol (matière organique, argiles), en fixant une partie du carbofuran par phénomène d'adsorption, modifient grandement son efficacité contre les larves de *S. calamistis* Hamps.

L'étude de l'accumulation et de la rémanence du carbofuran dans le maïs lui-même nécessite la mise au point d'une méthode de dosage économique et pratique, permettant de déterminer avec précision les résidus du carbofuran dans le maïs, ainsi que dans les échantillons de sol et d'eau. Nous avons mis au point :

- D'une part, une méthode de dosage chromatographique en utilisant un support inerte de silice poreuse pour la transméthylation in situ, ce qui procure une sensibilité améliorée de 10 fois par rapport à celle obtenue par MÖLLHOFF (1975). Nous avons pu détecter ainsi des teneurs de 0,5µg/ml dans les extraits. Cette méthode est utilisable pour une large gamme de concentrations et la limite de détection dépend uniquement de la sensibilité du détecteur du O-méthyl-N-méthyl-carbamate. La linéarité obtenue permet de travailler par comparaison avec un seul étalon. L'étroitesse et la symétrie du pic obtenu confirme que la transméthylation semble rapide et complète et qu'il n'y a pas d'adsorption irréversible du O-méthyl-N-méthyl-carbamate sur la colonne ni sur le support catalyseur de la transméthylation.

- d'autre part, nous avons également mis au point des méthodes d'échantillonnage et d'extraction pour les sols.

Cette méthode de dosage est générale pour une famille donnée d'insecticides, les carbamates qui possèdent en commun la fonction : N-méthyl-carbamate quoique étant différents par leurs propriétés d'hydrophobie et par leur densité électronique sur le noyau aromatique.

Grâce aux perfectionnements apportés à la méthode de dosage et grâce aux expérimentations qu'ils nous ont permis de réaliser, on peut tirer les conclusions suivantes :

- la vitesse d'accumulation du carbofuran dans le maïs est ralentie lorsque le sol est riche en matière organique.

- la quantité absolue maximale du carbofuran absorbée sous toutes ses formes, dans le maïs, est obtenue au 13ème jour après le traitement du sol, puis elle diminue, cette diminution devenant d'ailleurs très rapide après le 31ème jour.

- les formes glycosidiques (IV) commencent à être détectées à partir du 10ème jour après traitement du sol, ce qui pourrait indiquer un début du processus de dégradation du carbofuran dès cette période.

- il faudrait traiter le maïs (en traitement du sol) tous les 40 jours environ pour avoir une protection permanente.

- la dégradation du carbofuran dans les deux substrats commence à apparaître dès le 1er jour de traitement, dans chaque cas. Le 52ème jour après traitement, il ne reste plus que 5% de la quantité initiale en traitement du sol.

- ABDELLATIF (M.A.), HERMANSON (H.P.), REYNOLDS (H.T.) - 1967 - Effect of soil clay and organic matter content upon systemic efficacy of two carbamate insecticides. *J. Econ. Ent.*, 60, 1445-1450.
- ADEYEMI (S.A.O.), DONNELLY (J.), ODETOYINBO (J.A.) - 1966 - Chemical control of the stem borers of maize. *Nigerian Agric. Journ.*, 3, 61-66.
- ALROUECHDI (K.) - 1980 - Les chrysopides en verger d'oliviers. Bio-écologie de *Chrysoperla carnea* (STEPH.) (Neuroptera, Chrysopidae). Relations comportementales et trophiques avec certaines espèces phytophages. *Thèse de Docteur ingénieur*. Fac. Sc. Paris VI, 198 p.
- AL SALTI (M.N.) - 1978 - Etude de l'action de carbamates et de composés organophosphorés insecticides sur la reproduction et le développement de la sésamie du maïs *Sesamia calamistis* HAMPSON et du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* FORSK. *Diplôme d'Etude Approfondies*, Fac. Sc. Paris VI, ORSTOM-BONDY, 78 p.
- AL SALTI (M.N.) - 1979 - Biologie et contrôle de *Sesamia calamistis* HAMPSON. *Rapport de 2ème année d'Etudes*, S.S.C.-ORSTOM-BONDY, 28 p.
- ANGLADE (P.) - 1962 - Orientation des recherches françaises sur la résistance du maïs à la pyrale et à la sésamie. *Rapport de la 2ème Réunion de la section "Maïs et Sorgho" Eucarpia*, Rome, 20-23 Février, p.65.
- ANGLADE (P.), in BALACHOWSKY (A.S.) - 1972 - Les *Sesamia*. *Entomologie appliquée à l'agriculture*. T.II, Lépidoptères, 2ème vol., 1389-1401, Masson et Cie éd. Paris-France.
- APPERT (J.) - 1957 - Les parasites des plantes cultivées au Sénégal et au Soudan français. Jouve, éd; Paris 172 pp.
- APPERT (J.) - 1967 - Notes techniques sur les insectes nuisibles aux cultures malgaches ; Lépidoptères. *Agron. trop.*, 2, XXII, 153-230.
- APPERT (J.), BETBEDER-MATIBET (M.), RANAIVOSOA (H.) - 1969 - Vingt années de lutte biologique à Madagascar. *Agron. trop.* 24, 555-572.
- APPERT (J.), RANAIVOSOA (H.) - 1970 - *Sesamia calamistis* HAMPSON (Lep., Noctuidae) chenille mineuse des graminées. *Bull. Madag.*, 290-291, 633-652.

- APPERT (J.) - 1971 - Les insectes nuisibles du maïs en Afrique et à Madagascar. *Agron. trop.*, Vol. XXVI, 476-499.
- BAILLY (R.), DUBOIS (G.) - 1980 - Index phytosanitaire. Produits insecticides, fongicides, herbicides.. *ACIA*, XVI<sup>e</sup> édition.
- BECK (S.D.) - 1950 - Nutrition of the european corn borer, *Pyrausta nubilalis* Hbn. Some effects of diet on larval growth characteristics. *Physiol. Zool.*, 23, 353-361.
- BENZ (G.) - 1969 - Influence of mating, insemination and others factors in oogenesis and oviposition in the moth *Zeiraphera diniana*. *J. insect. physiol.*, 15, 55-71.
- BHIRUD (K.M.), PITRE (H.N.) - 1972 - Influence of soil class and soil moisture on bioactivity of carbofuran disulfoton in corn in greenhouse tests : relationship to leafhopper vector control and corn stunt disease incidence. *J. econ. Ent.*, 65, 324-329.
- BINSO (L.) - 1980 - Biologie et Ecologie d'*Eldana saccharina* WALKER (*Lepidoptera*, *Pyralidae*, *Galleriinae*) foreur du maïs en Côte d'Ivoire et inventaire des autres Lépidoptères foreurs du maïs. *Thèse Doctorat 3ème cycle*, Fac. Sc. Paris VI, ORSTOM-BONDY, 196 pp.
- BONNEMAISON (L.) - 1956 - Possibilités d'emploi des insecticides endo-thérapeutiques en vue de la protection des plantes contre les maladies à virus. *Ann. Epiphyt.*, 4, 563-640.
- BONNEMAISON (L.) - 1970 - La protection des plantes cultivées contre les insectes et les acariens. *Phytoma*, 220, 19-37.
- BORDAT (D.), BRENIERE (J.), COQUARD (J.) - 1977 - Foreurs de Graminées africaines : parasitisme et techniques d'élevage. *Agro. trop.* XXXII, 4, 391-399.
- BORDAT (D.), PICHOT (M.) - 1980 - *Sesamia calamistis* Hamps. Une technique pratique d'élevage de masse sur milieu artificiel. *Agron. trop.*, XXXV, 1, 35-40.
- BOITGER (G.T.) - 1942 - Development of synthetic food media for use in nutrition studies of the european corn borer. *J. agric. Res.*, 65, 493-500.
- BOUNIAS (M.), BONNOT (G.) - 1977 - L'acide ascorbique dans la nutrition artificielle de *Chilo suppressalis* Wlk. (*Lepidoptera*, *Pyralidae*, *Crambinae*). *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 9 (4), 733-748.

- BOWLING (C.C.) - 1970 - Lateral Movement, uptake and retention of carbo-furan applied to flooded rice plants. *J. econ. Ent.*, 63, 239-242.
- BRENIERE (J.), LACOSTE (P.) - 1962 - Lutte contre le borer du riz *Maliarpha separattella* RAG. Efficacité des insecticides ; essais du premier degré. *Agron. trop.*, 17, 969-978.
- BRENIERE (J.), RODRIGUEZ (H.) - 1963 - Le borer du riz à Madagascar *Maliarpha separattella* RAG. Efficacité des insecticides. Sensibilité variétale. Expérimentation 1961. *Agron. trop.*, 18, 427-459.
- BRENIERE (J.) - 1963 - Le borer blanc du riz à Madagascar. Le problème et ses perspectives d'avenir (Etude résumée des responsables de l'orientation de la riziculture malgache. *IRAM, Buil.* 23, p.15.
- BRENIERE (J.) - 1966 - Dix années de recherches sur les ennemis du riz en Afrique francophone et à Madagascar. *Agron. trop.*, 4, XXI, 514-519.
- BRENIERE (J.) - 1971 - Les problèmes des lépidoptères foreurs de Graminées en Afrique de l'Ouest. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 3 (3), 287-296.
- BRENIERE (J.) - 1976 - Etudes et Travaux. Reconnaissance des principaux lépidoptères du riz de l'Afrique de l'Ouest. *Agron. trop.*, 3, XXXI, 213-231.
- BRENIERE (J.), in KPAZ (J.), SCHMUTTERER (H.), KOCH (W.) - 1977 - *Sesamia calamistis* HAMPSON, in Diseases, Pests and Weeds in Tropical Crops. Ed. Paul Parey, Berlin and Hamburg, 487-490.
- BRUNEL (E.) - 1979 - Etude de l'ovogenèse de *Psila rosae* FAB. (Diptère, *Psilidae*) : rôle de la température, de l'alimentation et de la plante-hôte. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 11 (2), 227-246.
- BUYCKX (E.J.E.) - 1962 - Précis des maladies et des insectes nuisibles sur les plantes cultivées au Congo, au Rwanda et au Burundi. *I.N.E.A.C. éd.*, 708 pp.
- CADEILHAN (L.) - 1965 - Stimulation de la ponte d'*Acrolepia assectella* ZELLER par la présence de la plante-hôte. *C.R. Acad. Sc. Fr.*, t. 261, 1106-1109.
- CARDONA (R.J.), DOROUGH (H.W.) - 1973 - Syntheses of the B-D-glucosides of 4-and 5-hydroxy-1-naphthyl N-methyl-carbamate. *J. Agric. Ed Chem.*, 21, 1065-1071.

- CARESCHE (L.), BRENIERE (J.) - 1962 - Les insectes nuisibles à la canne à sucre à Madagascar. Aspects actuels de la question. *Agron. trop.*, 17, 608-631.
- CARLE (P.) - 1963 - Essai d'analyse expérimentale des facteurs conditionnant la fécondité chez la bruche du haricot (*Acanthoscelides obtectus* SAY). *Thèse Fac. Sciences, Bordeaux*, 77 pp.
- CASIDA (J.E.), MADDRELL (S.H.) - 1971 - Diuretic hormone release on poisoning *Phonarius* with insecticide chemicals. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 1, 71-83.
- CAVALLORO (R.), PROTA (R.) - 1972 - Metodo di allevamento di *Sesamia nonagrioides* LEF. (Lep., Noctuidae), con diete artificiali. *Redia*, 53, 396-411.
- CHANCOGNE (Mlle M.), VIEL (G.) - 1956 - Méthodes d'évaluation des propriétés fongicides de substances diverses en vue de leur emploi agricole. *Ann. Epiphyt.*, 4, 641-660.
- CHATTERJI (S.M.), SHARMA (G.C.), SIDDIQUI (K.H.), PANWAR (V.P.S.), YOUNG (W.R.) - 1969 - Laboratory rearing of the pink stem borer, *Sesamia inferens* WALKER on artificial diet. *Ind. Jour. Ent.*, 31, 75-77.
- CHAUTHANI (A.R.), ADKISSON (P.L.) - 1965 - Comparison of two artificial diets for rearing *Ecdiothis zea* B. larvae for insecticide tests. *J. econ. Ent.*, 58 (6), 1163-1164.
- CHAUVIN (G.) - 1971 - Nature du substrat et humidité, facteurs du choix du site de ponte chez deux *Lepidoperes Tineidae* : *Monopis rusticella* CLERCK et *Trichopnaga tapetzella* L. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 3 (3), 319-325.
- CHEN (Y.L.), CASSIDA (J.E.) - 1969 - Photodecomposition of pyrethrin I, allethrin, phthalthrin and dimethrin. *J. Agric. Ed Chem.*, 17, 208-215.
- COHICK (A.D.) - 1975 - Fields trials and experience with carbofuran on corn (maize) in the United States. *Pflanzenschutz-Nachrichten, Bayer, Vol. XXVIII*, 80-91 (English edition).
- COOK (R.F.), STANOVICK (R.P.), CASSIL (C.C.) - 1969 - Determination of carbofuran and its carbamate metabolite residues in corn using nitrogen specific gas chromatographic detector. *J. Agric. Ed Chem.*, 17, 277-282.
- DAJOZ (R.) - 1969 - Les insecticides. *Que sais-je ? Presses universitaires de France*, Paris, 127 p.

- DIEME (E.) - 1978 - Physiologie de *Sesamia calamistis* HAMPSON. Elevage au laboratoire. Diplôme D.E.A. Entomologie générale et appliquée, Fac. Sc. Paris XI, SSC-ORSTOM BONDY, 87 pp.
- DRAVE (H.) - 1977 - Influence de la silice incorporée à un milieu artificiel sur diverses caractéristiques biologiques de la chenille de la pyrale du riz *Chilo suppressalis* WALKER. Thèse de Docteur Ingénieur, Fac. Sc. Paris XI.
- EIJNATTEN, in OLUFADE (A.O.) - 1974 - A review of insect pests of maize and their control in Nigeria. *Nigerian J. Ent.*, 1 (1), 57-62.
- FARAH (A.) - 1978 - Contribution à l'étude de la résistance aux insecticides chez des populations naturelles de mouches domestiques (*Musca domestica* L.), Thèse de Docteur de 3ème cycle, Fac. Sc. Paris XI, 175 pp.
- F.A.O. - 1971 - Méthodes recommandées pour la détection et la mesure de la résistance des ravageurs agricoles aux pesticides ; méthode provisoire pour les larves de *Spodoptera littoralis* BOISD. *Bulletin phytosanitaire, Méthode FAO*, N° 8, vol. 19, 32-35.
- FINNEY (D.J.) - 1964 - Probit analysis. A statistical treatment of the sigmoid response curve. *Cambridge University Press, Second edition*, 318 pp.
- GAHUKAR (R.T.) - 1976 - Nutrition de la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* HÜBNER (Lepidoptera, Pyraustidae). *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 8 (1), 119-128.
- GARCIA (V.) - 1976 - Influence de trois produits phytosanitaires sur les performances biologiques d'une coccinelle aphidiphage *Semiadalia undecimnotata* SCHNEIDER. Thèse Doctorat 3ème cycle, Univ. de Provence, 114 pp.
- GETZIN (L.W.) - 1973 - Persistence and degradation of carbofuran in soil. *Environment. Ent.*, 2, 461-467.
- GIANG (P.A.) - 1954 - A bibliography of systemic insecticides. *USDA Agric. Res. Serv. F*, 874, 46 pp.
- GOUJET (R.), GUILLOT (R.) - 1979 - Alimentation artificielle de plusieurs lépidoptères ravageurs du feuillage du pommier. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 11 (1), 119-124.
- GREGORY (J.L.) - 1957 - Survey of cereal stem borers of Nigeria. *Rep. Dep. Agr. Res., Nigeria, 1954-1955*, 20-21.

- GRY (J.) - 1974 - Expérimentation insecticide ; fascicules 2 et 3, multigraphie I.N.A. Paris-Grignon, *Chaire de Zoologie-Entomologie*, 150 et 142 pp.
- GUENNELON (G.) - 1964 - Eléments de la biologie de la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) en relation avec la lutte chimique. *Rev. Zool. agric. appl.* 63, 125-138.
- GUENNELON (G.) - 1967 - L'alimentation artificielle des insectes. *Rev. Zool. agric. appl.*, 1-3, 20-28.
- GUENNELON (G.) - 1968 - L'alimentation artificielle des larves de lépidoptères phytophages. *Ann. Epiphyt.*, 29 (3), 539-570.
- GUENNELON (G.), SENDER (C.), D'ARCIER (F.), AUDEMARD (H.) - 1970 - Mise au point d'un milieu artificiel pour l'élevage au laboratoire des larves de l'eudémis de la vigne, *Lotesia botrana* DEN. et SCHIFF (Lep., Tortricidae). *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 2 (1), 51-77.
- GUENNELON (G.), in BALACHOWSKY (A.S.) - 1972 - La pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis* Hbn., *Entomologie appliquée à l'agriculture*, t. II. Lépidoptères, 2ème vol. ; Masson et Cie éd., Paris, France, 1078-1129.
- GUENNELON (G.), SORIA (F.) - 1973 - Mise au point, au laboratoire, d'un élevage permanent de la pyrale du riz, *Chilo suppressalis* WALKER (Lep., Pyralidae) sur milieu artificiel. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 5 (4), 547-558.
- HARRIS (K.M.) - 1962 - Lepidopterous stem borers of cereals in Nigeria. *Bull. ent. res.*, 53, 139-171.
- HARRIS (C.R.) - 1973 - Laboratory evaluation of candidate materials as potential soil insecticides. *J. econ. Ent.*, 66, 216-221.
- HASCOET (M.), ANDRE (L.) - 1978 - Détermination des résidus de déca-méthrine présents dans les végétaux et les sols traités. *Phytatrie-Phytopharmacie*, 27, 85-98.
- HEWITT (E.J.) - 1952 - Sand and water culture methods uses in the study of plant nutrition. *Farnham Royal, Commonwealth agricultural Bureau*, 241 pp.
- HILAL (A.) - 1976 - Etude expérimentale du développement et de la reproduction de *Sesamia nonagrioides* LEF. (Lépidoptère, Noctuidae) ; application à l'étude des populations dans les cultures de canne à sucre au Maroc. Univ. de Bordeaux I, *Thèse Docteur Ingénieur*, 153 pp.

- HOLDEN (E.R.) - 1973 - Gas chromatographic determination of residues of methyl carbamate insecticides in crops as their 2,4-dinitrophenyl ether derivatives. *J. Ass. offic. Anal. chem.*, 56 (3), 713-717.
- HOMMEYER (B.) - 1975 - Curaterr, a broad spectrum root-systemic insecticide and nematocide. *Pflanzenschutz-Nachrichten, Bayer*, Vol. XXVIII, 3-54 (English edition).
- HUIGNARD (J.) - 1969 - Action stimulatrice du spermatophore sur l'ovogenèse chez *Acanthoscelides obtectus* SAY (Col. Bruchidae). *C.R. Acad. Sc. Fr.*, t. 268, 2938-2940.
- IGNOFFO (C.M.) - 1963 - A successful technique for mass rearing cabbage loopers on a semi synthetic diet. *Ann. ent. Soc. amer.*, 56, 178-182.
- INGRAM (W.R.) - 1958 - The *Lepidopterous* stalk borers associated with *Gramineae* in Uganda. *Bull. ent. Res.*, 49, 367-383.
- IWAYA (K.), KOLLMER (G.) - 1975 - Effectiveness of curaterr granular against rice pests. *Pflanzenschutz-Nachrichten, Bayer*, vol. XXVIII, 137-143 (English edition).
- JAMET (P.), PIEDALLU (M.A.) - 1975 - Mouvement du carbofuran dans différents types de sols. Etude de l'adsorption et de la désorption du carbofuran. *Phytiatr.-Phytopharmacie*, t. 24 (4), 279-295.
- JEPSON (W.F.) - 1954 - A critical review of the world literature on the *Lepidopterous* stalk borers of tropical *Gramineous* Crops. *Commonwealth Institute of Entomology*, London, 127 pp.
- JERATH (M.L.) - 1968 - Parasites of sugar cane stem borers in Nigeria. *J. econ. Ento.*, vol. 61 (2), 435-436.
- JOUBERT (P.C.) - 1966 - Field infestations of stored product insects in South Africa. *J. Stored Prod. Res.*, 2, 159-161.
- KEIDING (J.) - 1963 - Possible reversal of resistance. *Bull. wld. Hlth. Org.*, 29, Suppl., 51-62.
- KEIDING (J.) - 1967 - Persistence of resistant populations after the relaxation of the selection pressure. *Wld. Rev. Pest control*, 6 (4), 115-130.

- KEIDING (J.) - 1977 - Insecticide resistance in houseflies. Danish pest infestation laboratory ; Lyngby, Danmark. Annual report 1976, 1977, 41-51.
- KUIPERS (J.) - 1962 - Het effect van sublethale doses van coloradokever (*L. decemlineata* SAY). Meded. Landbouwkundig Onderzoekingsstaats Gent, 27, 908-919 (Résumé en français).
- LEROUX (P.), GREDT (M.) - 1974 - Etude de l'activité systémique du Bénomyl, du Carpendazine, du Méthylthiophanate et de la Thiophamine, utilisés en enrobage de semences chez diverses espèces de plantes herbacées. *Phytatrie-Phytopharmacie*, 23 (1), 51-68.
- LESPEDS (L.), JOURDAN (M.L.) - 1939 - Observations sur la biologie de la sésamie du maïs (*S. vutaria* STOLL) au Maroc. *Rev. Zool. Agric.*, 39, 49-58.
- LHOSTE (J.) - 1959 - Histopathologie des insectes intoxiqués par les pyrèthres associés à des synergistes. *Pyrethrum post*, 5 (2), 19-26.
- LHOSTE (J.), RAUCH (F.), CAUWER (P.) - 1976 - Influence de l'accouplement sur la ponte et la fécondité de *Laspeyresia pomonella* L. *Rev. Zool. agric. Path. vég.*, 3, 93-102.
- LHOSTE (J.) - 1977 - Pyrèthres naturels et pyrèthroïdes de synthèse. *Deuxième colloque sur la santé humaine et le problème de l'utilisation de certains produits chimiques* ; Marseille, 15.09.1977, 307-327.
- LOMA (T.F.) - 1974 - Etude de l'influence de quelques facteurs du milieu sur le développement de la pyrale du riz *Chilo suppressalis* WALKER. *Thèse Doctorat 3ème cycle*, Fac. Sc. Paris XI.
- MARTEL (J.) - 1978 - Définitions chimiques des pyrèthroïdes photostables. *Phytatrie-Phytopharmacie*, 27, 5-14.
- MARTIN (T.J.), MORRIS (D.B.) - 1975 - Cabbage root fly, *Phorbia brassicae* BOUCHE ; control with curaterr, a carbamate insecticide. *Pflanzenschutz-Nachrichten, Bayer*, vol. XXVIII, 92-136 (English edition).
- MESTRES (R.) - 1978 - Les résidus de dècamèthrine dans les végétaux consommables. *Phytatrie-Phytopharmacie*, 27, 81-84.
- METCALF (R.L.) - 1971 - Structure activity relationships for insecticidal carbamates. *Bull. Org. Mon. Santé*, 44, 43-78.

- MILLS (R.B.) 1965 - Apparates for studying feeding and oviposition by *Angoumois* grain moth adult. *J. econ. Ent.*, 58, 177.
- MÖLLHOFF (E.) - 1975 - Method for gas-chromatographic determination of curaterr residues in plants soil samples, with consideration to metabolites. *Pflanzenschutz-Nachrichten, Bayer*, vol. XXVIII, 370-381 (English edition).
- MONTEAGUDO (A.) - 1962 - Breeding for corn borer resistance in Spain. *Rapport de la 2ème réunion de la section "Maïs et Sorgho"*, Eucarpia, Rome, 60 pp.
- MOREAU (J.P.), GAHUKAR (R.T.) - 1975 - Importance des méthodes expérimentales dans les études des relations plantes-insectes. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 7 (2), 119-139.
- MORIARTY (F.) - 1968 - The toxicity and sublethal effects of D.D.T. to *Aglais urticae* L. (Lep., *Nymphalidae*) and *Chortippus brunneus* THUMB. (Orth., *Acridae*). *Ann. Appl. Biol.*, 62, 371-393.
- MORIARTY (F.) - 1969 - The sublethal effects of synthetic insecticides on insects. *Biol. Rev.*, 44, 321-357.
- MORIARTY (F.) - 1971 - The effect of dieldrin on the corpora allata on the american cockroach, *Periplaneta americana*. *Pest. Biochem. Physiol.*, 1, 389-400.
- MOUTIA (L.A.) - 1934 - The sugar cane moths borers in Mauritius. *Bull. ent. Res.*, vol. 25, 33-45.
- MOUTIA (L.A.), COURTOIS (C.M.) - 1952 - Parasites of the moth borers of sugar cane in Mauritius. *Bull. ent. Res.*, vol. 43, 325-359.
- MOUTIA (L.A.) - 1954 - Notes sur le cycle biologique de trois lépidoptères nuisibles à la canne à sucre à l'île Maurice. *Rev. agric. île Maurice*, 33, 116-122.
- MOYE (H.A.) - 1971 - Reaction gas chromatographic analysis of pesticides. I : on-column transesterification of N-methylcarbamates by methanol. *J. agric. Ed Chem.*, 19 (3), 452-455.
- NARAHASHI (T.) - 1976 - Insecticide biochemistry and physiology. *Wilkinson ed., C.F.*, New-York.
- NEPVEU (P.), AUDEMARD (H.) - 1953 - Etude des facteurs réglant la lutte contre les chenilles endophytes du maïs en Provence. *Bull. Inf. des Ing. des Sem. Agr.*, Paris, 643-647.

- PFRIMMER (T.R.) - 1968 - Field tests with in-furrow and seed treatments of systemic insecticides on cotton at Stoneville, Mississippi. *J. econ. Ent.*, 61, 1607-1612.
- POITOUT (S.) - 1969 - La consanguinité chez les lépidoptères *Noctuidae*. Mise en évidence de son importance dans la conduite d'élevages en conditions artificielles. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 1 (3), 245-254.
- POITOUT (S.), CAYROL (R.) - 1969 - Action de différents facteurs sur le nombre de stades larvaires chez la noctuelle de la tomate *Heliooverpa armigera* Hbn. *Ann. Soc. ent. Fr. (N.S.)*, 5 (2), 407-427.
- POITOUT (S.), BUES (R.) - 1970 - Elevage de plusieurs espèces de lépidoptères *Noctuidae* sur milieu artificiel riche et sur milieu artificiel simplifié. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 2 (1), 79-91.
- POITOUT (S.), BUES (R.), LERUMEUR (C.) - 1972 - Elevage sur milieu artificiel simple de deux noctuelles parasites du coton, *Earias insulana* et *Spodoptera littoralis*. *Ent. exp. appl.*, 15, 341-350.
- POITOUT (S.), BUES (R.) - 1974 - Elevage de chenilles de vingt-huit espèces de lépidoptères *Noctuidae* et de deux espèces d'*Arctiidae* sur milieu artificiel simple. Particularités de l'élevage selon les espèces. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 5 (3), 431-441.
- PRITAM (S.) - 1977 - Artificial diets for insects, mites and spiders. . *IFI/PLENUM, New-York-Washington-London.*
- QURESHI (Z.A.), ANWAR (M.), ASHRAF (M.), CHATA (N.V.), ARIF (M.D.) - 1972 - Rearing, biology sterilisation of the rice borer *Sesamia inferens* WALKER. *J.P.N. Pestic. Inf.*, 19, 129 pp.
- RAMADE (F.) - 1969 - Contribution à l'étude du mode d'action de certains insecticides de synthèse, plus particulièrement du lindane et des phénomènes de résistance à ces composés chez *Musca domestica*. *Thèse Docteur es-Sciences Naturelles, Univ. Paris.* 239 pp.
- RAMANAKASINA (R.) - 1970 - Alimentation artificielle de la larve d'*Earias insulana* BOIDS, *Noctuidae*. *C.R. Acad. Sc. Fr., série D*, 271, 408-410.

- RAO (V.P.), NAGARAJA (H.) - 1969 - *Sesamia* species as pests of sugar cane in Pest of sugar cane. *Int. Soc. Sugar cane Technologists*.
- RIDET (J.M.) - 1972 - Etude des conditions optimales d'élevage et d'alimentation de *Lymantria dispar* L. *Ann. Soc. ent. Fr.*, (N-S.), 8 (3), 653-668.
- RISBEC (J.) - 1950 - La faune entomologique des cultures au Sénégal et au Soudan français. *Trav. Lab. Ent. Sect. Soudan. Rech. Agr., Stat. exp. de M'Sambey (Sénégal) et Sect. tech. Agr. Trop. au Minist. de la France Outre-Mer. Gouvernement général, A.O.F.*, 498 pp.
- RISBEC (J.) - 1960 - Les parasites d'importance économique en Afrique tropicale à Madagascar. *Agron. trop.*, 15 (6), 624-656.
- RIVIERE (J.L.) - 1977 - Action du propoxur sur la reproduction de *Blattella germanica* L. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 9 (1), 111-116.
- ROBERT (P.) - 1964 - Influence de la plante-hôte sur l'activité reproductrice de la teigne de la betterave *Sorabipalpa ocellatella* BOYD. *Proc. XII<sup>e</sup> int. Cong. Ent. London*, 552-553.
- SENDER (C.) - 1969 - Elevage permanent du carpocapse des pommes *Carpocapsa* (= *Laspeyresia*) *pomonella* L. sur milieu artificiel simplifié. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 1 (3), 321-326.
- SHOREY (H.H.), HALE (R.L.) - 1965 - Mass rearing of the larvae of nine Noctuid species on a simple artificial medium. *J. econ. ent.*, 58 (3), 522-524.
- STOCKEL (J.) - 1969 - Influence de la présence de grains de maïs comme stimulus de la ponte de *Sitotroga cerealella* OLIV. (Lep. Gelechiidae). *C.R. Acad. Sc. Fr.*, t. 268, 2941-2943.
- STOCKEL (J.) - 1973 - Fonctionnement de l'appareil reproducteur de la femelle de *Sitotroga cerealella* OLIV. (Lep., Gelechiidae). *Ann. Soc. ent. Fr.*, (N-S), 9 (3), 627-645.
- STOCKEL (J.) - 1973 - Variation du pouvoir reproducteur des mâles de *Sitotroga cerealella* OLIV. en liaison avec le rang d'émission et le volume des spermatophores (Lep., Gelechiidae). *Bull. Soc. ent. France*, t. 78, 178-193.
- STOCKEL (J.) - 1973 - Influence des relations sexuelles et du milieu trophique de l'adulte sur la reproduction de *Sitotroga cerealella* OLIV. (Lep., Gelechiidae). Conséquences écologiques. *Thèse de Docteur Ingénieur, Univ. François-Rabelais de Tours*, 171 pp.

- STREBLER (G.) - 1978 - Biologie appliquée. Zoologie agricole et Protection des cultures, 2ème édition. I.N.A. Paris-Grignon, Chaire de Zoologie-Entomologie.
- SUTHERLAND (J.R.G.) - 1954 - Survey of stem borers of Gramineous crops. *Rep. agr. Dep. Nigeria*, 1951-1952, 59-60.
- TAMS (W.H.), BOWDEN (J.) - 1953 - A revision of the african species of *Sesamia* GUENEE and related genera (Lepidoptera, Agrotidae). *Bull. ent. Res.*, vol. 43, 645-678.
- USUA (E.J.) - 1966 - Stem borers of maize in western Nigeria with particular reference to *Busseola fusca* FULLER and *Sesamia* species (Lep. Noctuidae). *M.Sc. Thesis, Univ. IBADAN, Nigeria*, 169 pp.
- USUA (E.J.) - 1968 - Effect of varying populations of *Busseola fusca* FULLER larvae on the growth and yield of maize. *J. econ. Ent.*, 61, 375-376.
- VANDERZANT (E.S.), POOL (M.C.), RICHARDSON (C.D.) - 1962 - The role of ascorbic acid in the nutrition of three cotton insects. *J. Insect. Physiol.*, 8, 287-297.
- VAN WETSWINKEL (G.), SEUTIN (E.) - 1979 - Etude de quelques pyrèthri-noïdes photostables en arboriculture fruitière. *Phygiène-Phytopharmacie*, 27, 15-26.
- VILLEROY (P.) - 1973 - Qu'est-ce que le carbofuran ?. *Défense des végétaux*, 164, 311-325.
- VILLEROY (P.), POURCHARESSE (P.) - 1975 - Development and use of curaterr in France in recent years. *Pflanzenschutz-Nachrichten, Bayer*, vol. XXVIII, 55-66 (English edition).
- WOODROFFE (G.E.) - 1951 - A life history study of the brown house moth *Hofmannophila pseudospretella* STAINI. (Lep. Oecophoridae). *Bull. ent. Res.*, 25, 171-175.
- YAMAMOTO (R.) - 1969 - Residues of pesticides and other foreign chemicals in foods and feeds ; II : Pyrethroids. *Residue Reviews*, vol. 25, 165-173.