

UNIVERSITÉ DE DROIT, D'ÉCONOMIE ET DES SCIENCES  
D'AIX-MARSEILLE

FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES  
DE SAINT-JÉRÔME

THÈSE

présentée par:

João TAVARES

pour obtenir le grade de DOCTEUR D'ÉTAT ÈS-SCIENCES  
en Écologie, mention Zooécologie.

*Mythimna unipuncta* (HAWORTH) (Lep., Noctuidae)  
aux Açores. Bioécologie et lutte biologique.

Soutenu le 22 Septembre 1989, devant la Commission d'examen:

M.M. J. GIUDICELLI  
L. BIGOT  
V. GARCIA  
J. VOEGELÉ (Directeur de la thèse, rapporteur)  
J. F. SYLVAIN (rapporteur)  
Mme. L. ANUNCIADA (rapporteur)

*Mythimna unipuncta* (HAWORTH) (Lep., Noctuidae)  
aux Açores. Bioécologie et lutte biologique.

Thèse présentée par: João TAVARES  
pour obtenir le grade de DOCTEUR D'ÉTAT ÈS-SCIENCES  
en Écologie, mention Zooécologie.

devant la Commission d'examen:  
MM. J. GIUDICELLI; L. BIGOT; V. GARCIA;  
J. VOEGELÉ; J. F. SYLVAIN et Mme. L. ANUNCIADA

soutenue le 22 de Septembre de 1989, vers 10 heures à Marseille.

**Résumé:** *M. unipuncta* est, depuis deux décennies, un important ravageur des prairies de l'archipel des Açores. Les dégâts commis sont estimés annuellement à 8% de la production végétale. Avec l'extension des pâturages vers les zones de basse altitude, pratiquée au détriment des cultures annuelles, le ravageur a trouvé les conditions biotiques et abiotiques optimales pour son développement permanent tout au long de l'année. Le piétinement et la consommation par le bétail sont les deux principaux facteurs de mortalité du ravageur. Des auxiliaires, notamment le parasite larvaire *Apanteles militaris* WALSH. (Hym., Braconidae), et les agents entomopathogènes ont une action non négligeable mais insuffisante. La lutte biologique contre ce ravageur a été fondée sur l'utilisation de deux espèces de parasitoïdes oophages du genre *Trichogramma*, *T. evanescens* et *T. minutum*. Une unité de production de ces parasitoïdes faisant appel à l'hôte de substitution, *Ephestia kuehniella* (Lep., Pyralidae), a été installée aux Açores. Des améliorations ont été apportées à cette unité par l'automatisation de la récolte des papillons, l'élimination des écailles et le stockage au froid. L'action de différents paramètres biologiques ont été étudiés, notamment, l'influence des fluctuations thermiques et hydriques au dernier stade du développement larvaire. Des lâchers inondatifs des deux espèces de *Trichogrammes* ont été tentés en plein champ pour lutter contre *M. unipuncta*, mais n'ont pas atteint les résultats espérés. Plusieurs hypothèses sont discutées pour comprendre cet échec.

**Mots Clés:** *Mythimna unipuncta* / *Ephestia kuehniella* / *Trichogramma evanescens* / *T. minutum* / *Apanteles militaris* / Bioécologie / Dynamique des populations / Développement pré-imaginal / Dégâts / Biotechnologie / Lutte biologique.

**À mes enfants SOFLA et TIAGO**

***Mythimna unipuncta* (HAWORTH) (Lep., Noctuidae) aux Açores.  
Bioécologie et lutte biologique.**

<b>Table des matières</b>	2
<b>Résumé</b>	7
<b>Abstract</b>	8
<b>Avant-propos</b>	9
<b>I - INTRODUCTION GÉNÉRALE</b>	11
<b>II - MYTHIMNA UNIPUNCTA (HAWORTH)</b>	12
<b>A - GÉNÉRALITÉS</b>	12
1 - Systématique	14
2 - Morphologie	15
a) L'adulte	15
b) L'oeuf	15
c) La chenille	16
(1) Les stades larvaires	16
(2) La croissance larvaire	16
(3) Mesure des capsules céphaliques	16
(4) Mesure de la chenille	17
d) La nymphe	18
3 - Biologie et éthologie	19
a) La chenille	20
b) La nymphe	21
c) L'adulte	21
(1) La ponte	22
<b>B - LES BIOTOPES</b>	23
1 - Distribution mondiale	23
2 - Distribution açoréenne	24
a) Origine de l'archipel	24
b) Géographie de l'archipel	25
c) Le climat insulaire	26
d) Cultures menacées par <i>M. unipuncta</i> dans l'archipel	31
e) <i>M. unipuncta</i> et l'entomofaune nuisible des Açores	34

C - DYNAMIQUE DES POPULATIONS	34
1 - Généralités	34
2 - Matériel et méthode	37
a) L'échantillonnage selon le stade larvaire	37
(1) Choix des stations d'étude	37
(2) Méthode d'échantillonnage	38
b) Piégeage des papillons	39
(1) Le piégeage lumineux	39
(2) Le piégeage sexuel	41
(3) Méthode d'échantillonnage	43
3 - Résultats: Structure et fluctuations des peuplements de <i>M. unipuncta</i>	45
a) Fluctuations des populations imaginale	45
(1) Résultats des piégeages lumineux	45
(2) Résultats des piégeages sexuels	49
(3) Résultats de la comparaison des compositions phéromonales	50
b) Les fluctuations des populations larvaires dans 7 biotopes	52
(1) Localité de Remédios	52
(2) Localité de Cerrado dos Bezerros	53
(3) Localités de Feteiras et Relva	55
(4) Localité de Achada das Furnas	56
(5) Localité de Arribanas I	56
(6) Localités de Arribanas II et de Lagoa do Congro	56
c) Hétérogénéité des fluctuations de populations larvaires	59
(1) Populations au stade larvaire	59
(2) Comparaison des peuplements imaginaires et larvaires	61
(3) Nombre de générations annuelles	65
(4) Chevauchement des différents stades du développement	69
(5) Méthode d'étude de la durée de développement en degré-jour	69
d) La ponte	72
e) État des ovaires	76
D - INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LE DÉVELOPPEMENT DES STADES PRÉ-IMAGINAUX	81
1 - Matériel et méthode	81
2- Résultats	81
a) Incubation des oeufs	81
b) Développement larvaire	82
c) Développement pré-nymphal	83

d) Développement nymphal	83
<b>E - DÉVELOPPEMENT LARVAIRE ET DÉGÂTS</b>	<b>85</b>
1- Matériel et méthode	85
2- Résultats	86
a) Quantité d'aliment ingéré	86
b) Estimation des dégâts	87
(1) Production des pâturages	88
(2) Consommation par stade larvaire	90
- Méthode	91
(3) Dégâts aux pâturages	92
<b>F - FACTEURS DE MORTALITÉ</b>	<b>95</b>
1 - Les prédateurs	96
2 - Les parasites	97
3 - Les germes entomopathogènes	102
4 - Destruction par le piétinement du bétail	104
a) Matériel et méthode	104
5 - Mortalité larvaire et nymphale	105
6 - Les traitements chimiques	106
<b>G - CONCLUSIONS</b>	<b>108</b>
<b>III - LES TRICHOGRAMMES</b>	<b>110</b>
A - GÉNÉRALITÉS	110
B - RÉTENTION DE LA PONTE	113
C - COMPÉTITION INTRASPECIFIQUE	114
D - VARIABILITÉ DE L'ACTIVITÉ PARASITAIRE EN FONCTION DES SAISONS	117
E - ÉLEVAGE PERMANENT	119
1- Multiplication en masse	119
a) Maintien des espèces	119
b) Production intensive	120
(1) Conservation et stockage des oeufs-hôtes par les UV et le froid	120
(2) Influence d'une colle de fixation	122

(3) Longévité	124
<b>F - DÉVELOPPEMENT</b>	124
1 - Facteurs abiotiques	125
a) La température	125
b) Humidité relative	127
c) Photopériode	128
2- Activité parasitaire	129
a) Ponte journalière	131
<b>G - LÂCHERS INONDATIFS</b>	132
1- Le parasitisme au laboratoire	133
2- Le parasitisme en plein champ	135
a) Infestation naturelle du ravageur	135
(1) Dispersion des Trichogrammes	137
(2) Doses de parasitoïdes et fréquence des lâchers en plein champ	138
b) Infestation simulée du ravageur	139
<b>H- CONCLUSIONS</b>	141
<b>IV - UNITÉ DE PRODUCTION EN MASSE</b>	
<b>D'EPHESTIA KUEHNIELLA</b>	142
<b>A - GÉNÉRALITÉS</b>	142
1- Développement pré-imaginal	144
2- Émergence	144
3- Ponte	146
<b>B - ÉTUDE DU DÉVELOPPEMENT D'E. KUEHNIELLA ISOLÉ ET EN GROUPE</b>	147
1- Matériel et méthode	149
2- Résultats	150
a) Développement des individus isolés	150
(1) Sur le grain entier	150
(2) Sur céréales broyées	150
- Chenilles à développement long	150
- Durée du cycle pré-imaginal	151
- Étalement des émergences	151
- Poids des papillons	152
- Sex-ratio	152
b) Développement en groupe	153

(1) Durée du cycle	153
(2) Étalement des émergences	154
(3) Poids des adultes	155
(4) Pourcentage de femelles	155
(5) Fécondité	156
(6) Rythme de ponte	157
<b>C - ACTION DE LA TEMPÉRATURE ET DE L'HUMIDITÉ RELATIVE</b>	157
1 - Matériel et méthode	157
2 - Résultats	158
<b>D - ÉVALUATION DE LA PRODUCTION</b>	162
1 - Matériel et méthode	162
2 - Résultats	162
a) Contrôle hebdomadaire de la production	165
b) Méthodologie d'évaluation (EpE)	167
<b>E - CONTRÔLE DE LA PONTE PAR LES OEUFS OVARIENS</b>	171
1 - Matériel et méthode	171
2 - Résultats	172
a) Femelles en position d'accouplement	172
b) Femelles après la ponte	174
<b>F - OEUFS PONDUS / PERDUS DANS LES "PONDOIRS"</b>	177
1 - Retirés lors du lavage du cylindre	177
2 - Oeufs mélangés avec les adultes	177
3 - Capacité de charge d'adultes du cylindre	178
<b>G - RYTHME ANNUEL D'E. KUEHNIELLA</b>	179
1- Matériel et méthode	179
2- Résultats	179
a) Durée du cycle	180
b) Poids des imagos	180
c) Fécondité	181
<b>H- CONCLUSION</b>	184
<b>V - CONCLUSIONS GÉNÉRALES</b>	185
<b>VI - RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	187

*Mythimna unipuncta* (HAWORTH) (Lep., Noctuidae) aux Açores.  
Bioécologie et lutte biologique.

**Résumé:** *M. unipuncta* est, depuis deux décennies, un important ravageur des prairies de l'archipel des Açores. Les dégâts commis sont estimés annuellement à 8% de la production végétale. Avec l'extension des pâturages vers les zones de basse altitude, pratiquée au détriment des cultures annuelles, le ravageur a trouvé les conditions biotiques et abiotiques optimales pour son développement permanent tout au long de l'année. Le piétinement et la consommation par le bétail sont les deux principaux facteurs de mortalité du ravageur. Des auxiliaires, notamment le parasite larvaire *Apanteles militaris* WALSH. (Hym., Braconidae), et les agents entomopathogènes ont une action non négligeable mais insuffisante. La lutte biologique contre ce ravageur a été fondée sur l'utilisation de deux espèces de parasitoïdes oophages du genre *Trichogramma*, *T. evanescens* et *T. minutum*. Une unité de production de ces parasitoïdes faisant appel à l'hôte de substitution, *Ephestia kuehniella* (Lep., Pyralidae), a été installée aux Açores. Des améliorations ont été apportées à cette unité par l'automatisation de la récolte des papillons, l'élimination des écailles et le stockage au froid. L'action de différents paramètres biologiques ont été étudiés, notamment, l'influence des fluctuations thermiques et hydriques au dernier stade du développement larvaire. Des lâchers inondatifs des deux espèces de *Trichogrammes* ont été tentés en plein champ pour lutter contre *M. unipuncta*, mais n'ont pas atteint les résultats espérés. Plusieurs hypothèses sont discutées pour comprendre cet échec.

**Mots Clés:** *Mythimna unipuncta* / *Ephestia kuehniella* / *Trichogramma evanescens* / *T. minutum* / *Apanteles militaris* / Bioécologie / Dynamique des populations / Développement pré-imaginal / Dégâts / Biotechnologie / Lutte biologique.

*Mythimna unipuncta* (HAWORTH) (Lep., Noctuidae) at Azores.  
Biology, Ecology and Biological Control

**Abstract:** The last two decades *Mythimna unipuncta* has been an important pest of the pastures of the Archipelago of Azores. The damage caused by them is estimated at 8% of annual the vegetal production. With the increase of pastureland in of low altitude zones, to the detriment of several other cultures, the pest has found optimal biotic and abiotic conditions for its development all year long. Two principal factors of the mortality are being eaten or trampled by cattle. The most important natural enemies are the larval parasitoid *Apanteles militaris* WALSH.(Hym., Braconidae) and several entomopathogens. While the decrease have an action which can not be neglected but which is not enough. The biological control against this pest has been based upon the use of two egg parasites species of the genus *Trichogramma*, *T. evanescens* and *T. minutum* . A production unit of this parasite using as a substitution host *Ephestia kuehniella* ZELLER (Lep., Pyralidae) was built at Azores. Some improvements were performed on this unit by the automatic recovery operation of the butterflies, the elimination of the scales and the cold storage. The action of different biological parameters were studied in special the influence of the changes on temperature and humidity on the last stage of the development of the larval. The field releasing of the two *Trichogramma* species were performed against the *M. unipuncta*, but the expected results were not obtained. Many hypotheses are discussed trying to explain these results.

**Key words:** *Mythimna unipuncta* / *Ephestia kuehniella* / *Trichogramma evanescens* / *T. minutum* / *Apanteles militaris* / Biology / Ecology / Dynamic of populations / Development larval / Damage / Biotechnology / Biological control.

## AVANT-PROPOS

À l'issue de ce travail j'exprime ma respectueuse reconnaissance à Monsieur le Professeur MACHADO PIRES, Recteur de l'Université des Açores, qui m'a autorisé à soutenir cette thèse en France.

Mes vifs remerciements vont à Monsieur le Professeur FRIAS MARTINS, Directeur du Département de Biologie à l'Université des Açores, pour la confiance et l'aide apportées dans ce travail.

Monsieur le Docteur ONILLON, Directeur de la Station de Zoologie et de Lutte Biologique de l'INRA d'Antibes, m'a accepté dans son service, je lui exprime ici mes respectueux remerciements.

C'est grâce à Monsieur le Professeur GARCIA, Chef de la Division de Lutte Biologique, que cette thèse a pu prendre forme. Qu'il trouve ici ma très profonde reconnaissance pour son soutien et sa présence à cette soutenance.

Je tiens à exprimer mes profonds remerciements à Monsieur le Professeur GIUDICELLI et à Monsieur le Professeur BIGOT de l'Université d'Aix-Marseille III d'avoir consacré du temps pour examiner mes résultats et me faire l'honneur de bien vouloir accepter de composer ce jury.

De la même manière, j'exprime ma reconnaissance à Monsieur le Docteur SYLVAIN, Chercheur à ORSTOM, qu'a bien voulu participer à ce jury.

J'exprime ici toute ma reconnaissance à Madame ANUNCIADA, Professeur à l'Université d'Algarve, qui a été mon maître à l'Université des Açores et a accepté de participer à ce jury.

Ma profonde gratitude va à Monsieur le Docteur VOEGELÉ, Directeur de recherches à l'INRA d'Antibes, qui malgré ses nombreuses obligations, a bien voulu être mon Directeur de Thèse, m'a aidé considérablement par ses critiques et ses conseils dans la correction de cette thèse et que j'ai le plaisir de le retrouver dans mon jury.

Je remercie particulièrement Mademoiselle OLIVEIRA et Monsieur VIEIRA, Chercheurs à l'Université des Açores, pour l'assistance qu'ils m'ont prodigués au cours de ce travail. Leur efficacité m'a été d'une aide précieuse.

Je ne saurais oublier Mademoiselle DAUMAL et Madame PIZZOL, de l'INRA d'Antibes, qui ont contribué au bon déroulement de mon travail et m'ont encouragé. Il m'est agréable de pouvoir leur exprimer ici ma reconnaissance.

Qu'il me soit également permis de remercier Madame MEDEIROS et Madame MARTINS, de l'Université des Açores, pour les nombreux services qu'elles m'ont rendus.

J'adresse à tout le personnel de l'Université des Açores et à celui de la Station de Zoologie et de Lutte Biologique d'Antibes, pour leur aide, mes remerciements les plus sincères.

## I - INTRODUCTION GÉNÉRALE

Aux Açores, *Mythimna* (= *Cirphis*, *Pseudaletia*) *unipuncta* (HAWORTH) (Lepidoptera, Noctuidae) communément appelé la "chenille des pâturages" a été signalée il y a plus d'un siècle (GODMAN, 1870) et provoque cycliquement, surtout aux cours des deux dernières décades, d'importants dommages dans l'agriculture açoréenne, plus particulièrement sur les graminées. La méthode de lutte courante est l'utilisation des insecticides.

Actuellement, la lutte contre les ravageurs des cultures à l'aide des pesticides chimiques n'est pas à même de satisfaire les producteurs et les consommateurs. L'efficacité de ces traitements est au départ évidente. Il apparaît cependant très vite des phénomènes de résistance chez les insectes (GARCIA, 1976) qui entraînent une augmentation de la dose et du nombre des applications. Ces dernières sont souvent toxiques pour l'homme et entraînent des déséquilibres fauniques graves, en particulier l'élimination des auxiliaires.

C'est pourquoi, des recherches ont été entreprises avec la collaboration de la Station de Zoologie et de Lutte Biologique d'Antibes (INRA-Antibes) pour évaluer la possibilité du contrôle de *M. unipuncta* par l'emploi des parasitoïdes oophages du genre *Trichogramma* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) (FERREIRA, 1980; ANUNCIADA, 1984).

Cette lutte implique une bonne connaissance à la fois de l'hôte, c'est-à-dire, du ravageur et des *Trichogrammes*.

En ce qui concerne le ravageur, depuis la création de l'Université des Açores en 1976, dans le Département de Biologie une équipe de chercheurs et techniciens a commencé une étude sur *M. unipuncta*, dans la plus grande île de l'archipel - São Miguel (GARCIA & TAVARES, 1977) dans le but, au cours d'une première étape, de connaître la biologie, l'écologie, l'éthologie, les relations hôte-parasites et hôte-prédateurs de ce ravageur. Ces études sont en effet indispensables pour établir un réseau d'avertissement qui puisse prévoir l'imminence d'une attaque et mesurer son importance.

En ce qui concerne les Trichogrammes des observations sur la physiologie du développement et sur les relations hôte naturel - parasitoïdes ont surtout porté sur les deux espèces: *Trichogramma evanescens* WESTWOOD et *T. minutum* RILEY.

Pour la multiplication en masse des Trichogrammes nous avons fait appel à l'élevage d'un hôte de substitution *Ephestia (=Anagasta) kuehniella* ZELLER (Lepidoptera, Pyralidae) dont les oeufs ont divers avantages: qualités trophiques et physiologiques pour ces parasitoïdes oophages (TAVARES, 1982), abondance dans l'écosystème (GUIMARÃES & BEJA, 1974) et facilité relative de production.

L'objet de ce travail porte sur l'ensemble de ces recherches développées sur plus de dix ans. Nous souhaitons qu'il puisse aider à mieux connaître le ravageur, essentiellement dans son biotope, ses parasitoïdes, au niveau de leur application, ainsi que la biologie et la production de leur hôte de substitution.

## II - MYTHIMNA UNIPUNCTA (HAWORTH)

### A - GÉNÉRALITÉS

"En 1970, dans quelques îles de l'Archipel des Açores et principalement à São Miguel on a enregistré l'apparition d'un ravageur dans la culture du blé qui, n'étant pas connu a alarmé les éleveurs de la région". Ce sont les premiers mots de l'information n° 23 (4/JGI/2) du 29 Juin 1970 signée par le Chef de la Répartition Phytosanitaire du Ministère de l'Agriculture du Portugal. L'insecte en cause a été déterminé par la Station Agronomique Nationale comme étant *Mythimna unipuncta* (HAWORTH).

À l'époque, il a été estimé que la surface attaquée par *M. unipuncta* était à peu près de 600 hectares. Les services agricoles régionaux ont eu besoin pour l'application d'insecticide, de 60 atomiseurs et de 40 pulvérisateurs. Vu la soudaineté de l'attaque du ravageur et l'urgence de son contrôle, le matériel et les techniques de différents services du pays ont convergé aux Açores avec l'aide de l'Armée de l'Air Portugaise.

Dix brigades techniques ont été formées, la lutte contre *M. unipuncta* a pu débuter. Il convient de noter qu'entre la première observation du ravageur, le 29 Mai, et les premières mesures de lutte le 8 Juin 1970, il s'est passé 10 jours, temps suffisant pour que le ravageur détruise des cultures entières. Après ces dégâts, les chenilles groupées en fortes populations migrèrent pour s'alimenter, traversant les routes, provoquant même des embouteillages de voitures. Des comportements semblables avaient déjà été signalés en 1854 par FLINT (*in* BREELAND, 1958), ce qui avait valu à l'insecte son nom commun anglais "armyworm"

Bien que la lutte ait seulement débuté aux Açores en 1970, la tradition orale des agriculteurs dit que déjà en 1969 ce lépidoptère avait été vu en abondance mais qu'il n'avait pas causé de dégâts, l'infestation ayant été expliquée par un hiver exceptionnellement doux, suivi d'un début de printemps chaud en Avril et Mai.

C'est la partie occidentale (fig. 1) de l'île de S. Miguel qui a été la plus affectée en 1970 par le ravageur et a fait l'objet de traitements. Les produits utilisés ont été à base de Parathion, Malathion et Trichlorphon, fournis gratuitement aux éleveurs. Le prix de cette campagne en matériel a été approximativement à l'époque de 500 000\$00 (21 600 francs).

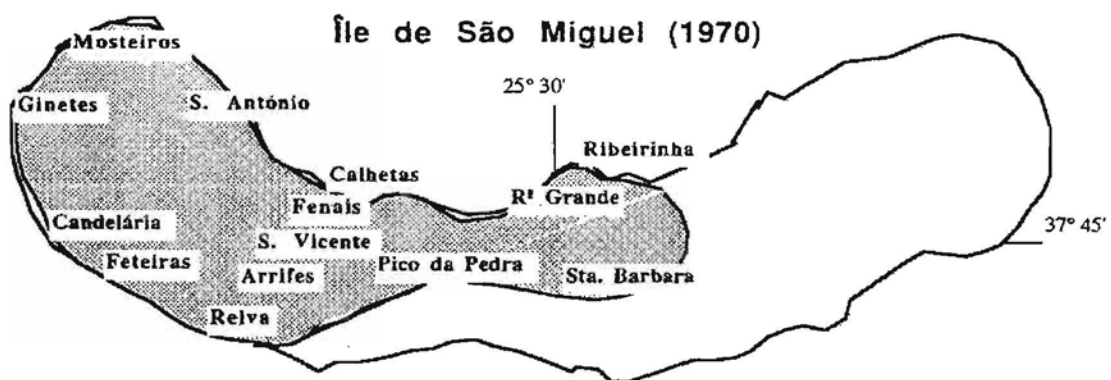


Figure 1: Répartition de la première grande attaque de *M. unipuncta* en 1970 dans l'île de São Miguel - Açores.

Le calcul des dommages en 1970, par rapport aux données de 1969, indique que les pertes de blé ont été de 1 337 tonnes, le coût estimé à 4 680 000\$00 (203 000

francs). Après cette date, *M. unipuncta* est devenue une véritable préoccupation pour le secteur agricole primaire de l'économie açoréenne.

### 1- Systématique

La place systématique de *M. unipuncta* (BALACHOWSKY 1972, RICHARDS & DAVIS, 1977) est la suivante :

Ordre	Lepidoptera
Sous-ordre	Hétéroneures
Division	Ditrysia
Super-famille	Noctuoidea
Famille	Noctuidae (=Phalaenidae)
Groupe	Trifinae
Sous-famille	Hadeninae
Genre	<i>Mythimna</i>
Espèce	<i>unipuncta</i> (HAWORTH)

L'ordre des Lépidoptères, avec plus de 150 000 espèces, est numériquement le deuxième (MARANHÃO, 1976). Plus de 20.000 espèces sont des Noctuelles.

*M. unipuncta* a été décrite par A. H. HAWORTH en 1810 d'après les exemplaires de la collection de M. FRANCILLON à Londres (BREELAND, 1958) et nommée *Noctua unipuncta*. En 1850, STEPHENS la place dans le genre *Leucania* et deux ans plus tard GUENÉE, à partir de la collection du Muséum de Paris, l'appelle *Leucania extranea*. Quelques années plus tard, HAMPSON inclue l'espèce *unipuncta* dans le genre *Cirphis* WALKER. Selon McDUNNOUGH (1911), qui se base sur les genitalia du génotype, ce changement serait incorrect. Il demande que l'espèce soit replacée dans le genre *Leucania*. FRANCLEMONT (1951) inclue l'espèce *unipuncta* dans le genre *Pseudaletia* avec *Leucania unipuncta* comme type.

C'est cette dernière appellation qui a été retenue par les entomologistes américains pour ce lépidoptère. Pour l'Europe, HEATH (1979), LERAUT (1980) et CALLE (1982) placent l'insecte dans le genre *Mythimna* OCHSENHEIMER, 1816 (= *Philostola* BILLBERG, 1820, = *Hyperiodes* WARREN, 1910) dont l'espèce type est

*turca* (LINNAEUS, 1761) et nomment l'espèce *Mythimna unipuncta* (HAWORTH), nom que nous retiendrons dans ce travail.

## 2- Morphologie

### a) L'adulte

Selon BALACHOWSKY & MESNIL (1936), l'imago de *M. unipuncta* présente 3 à 3,5 cm d'envergure. Les ailes antérieures sont brun acajou uniforme. Elles sont seulement marquées sur leur disque d'un petit point blanc très légèrement cerclé d'une zone noirâtre. Au niveau de leur tiers terminal s'observe une ligne postmédiane, courbe, de 7 à 8 petits points noirs. Le corps et les pattes sont brun rouge acajou comme les ailes postérieures lesquelles sont d'un gris quelque fois blanchâtre, quelque fois assez foncé à l'exception de leur base. Les nervures sont légèrement soulignées en plus foncé.

Entre les individus des deux sexes, il n'y a pas de différence dans l'aspect extérieur, bien qu'en général les femelles soient plus grandes que les mâles. La variabilité de taille et de couleur est surtout liée aux facteurs biotiques et abiotiques qui interviennent au cours du développement larvaire. D'après VIVAS (1974), les individus les plus grands sont ceux qui se sont développés dans les conditions les plus favorables.

### b) L'oeuf

Les oeufs sont sphériques et un peu aplatis au pôle supérieur. À l'oeil nu, les oeufs ne montrent aucun relief particulier, contrairement à ceux de beaucoup de Noctuelles qui sont ornés de fines côtes rayonnantes. À la loupe binoculaire on voit, sur toute leur surface, un réseau uniforme de petits points très fins. Après la ponte leur couleur est d'un blanc laiteux qui vire au crème puis au marron foncé peu avant l'éclosion. Ils sont fixés sur le support végétal par une substance transparente que l'on appelle communément "cément".

Les dimensions de l'oeuf, selon DAVIS & SATTERTHWAIT (1916), varient en largeur de 0,54 à 0,56 mm et en hauteur de 0,42 à 0,46 mm.

### c) La chenille

#### (1) Les stades larvaires

Ce lépidoptère présente une métamorphose complète. Le nombre de stades larvaires varie de cinq (VIEIRA, 1987), six (BREELAND, 1958; GUPPY, 1961 et 1969; VIVAS, 1974), sept (BREELAND, 1958; POND, 1960; GUPPY 1961 et 1969) à neuf (BREELAND, 1958). Selon ces derniers auteurs on trouve plus de six stades larvaires uniquement lorsque les populations ont été soumises à des températures très basses. Morphologiquement elles ne varient que par la taille depuis l'éclosion de l'oeuf jusqu'à la nymphose.

Les études faites par VIEIRA (1987) avec la population açoréenne ont confirmé la grande variabilité de ce caractère, car 3 types de développement ont été mis en évidence:

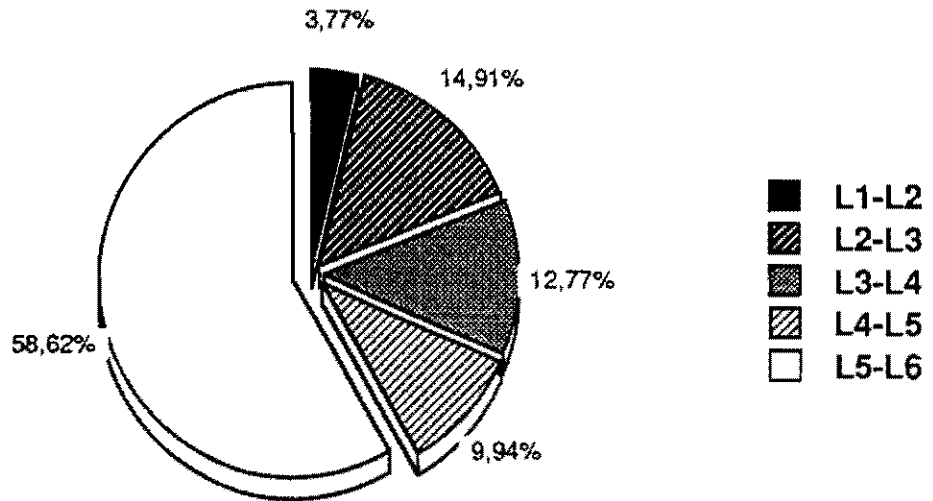
- Type 5 : 5 stades avec 4 mues (10% de la population),
- Type 6 : 6 stades avec 5 mues (84% de la population),
- Type 7 : 7 stades avec 6 mues (6% de la population).

#### (2) La croissance larvaire

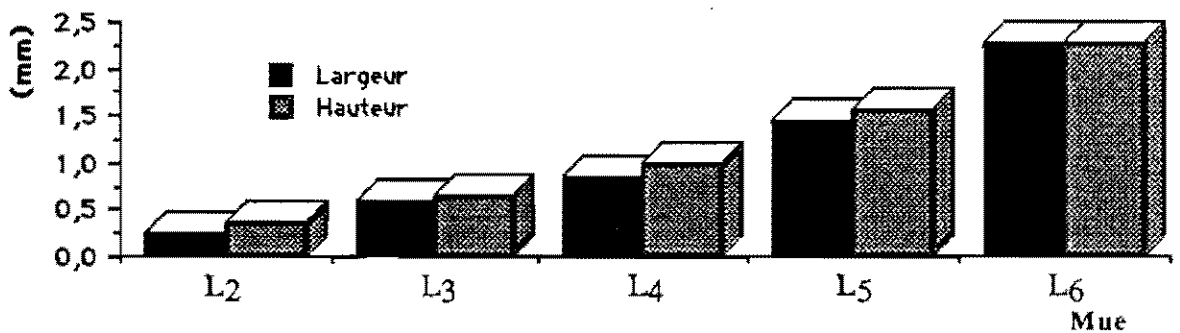
L'insecte a besoin de réaliser des mues pour se développer (fig. 2). Le détachement de la cuticule donne aux nouveaux tissus épidermiques la faculté de croître avant leur chitinisation. Cette dernière va limiter cette croissance, d'où l'existence de la mue.

#### (3) Mesure des capsules céphaliques.

La mesure des capsules céphaliques est un des caractères biométriques utilisé chez les insectes par de nombreux auteurs. Pour la population des Açores elle a été effectuée par GARCIA & TAVARES (1977) (fig. 3) et VIEIRA (1987) sur des groupes de 30 individus à chacune des 5 mues. La hauteur des capsules (mesure prise de la base de la tête jusqu'aux mandibules incluses) est supérieure à la largeur jusqu'à la quatrième mue, au moment de la dernière mue, la largeur et la hauteur sont semblables.



**Figure 2:** Intensité de croissance exprimée en % entre les différents stades larvaires de *M. unipuncta* (à  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $n=35$ ). Les pourcentages correspondent à la part prise par chaque stade par rapport à la longueur définitive du dernier stade.

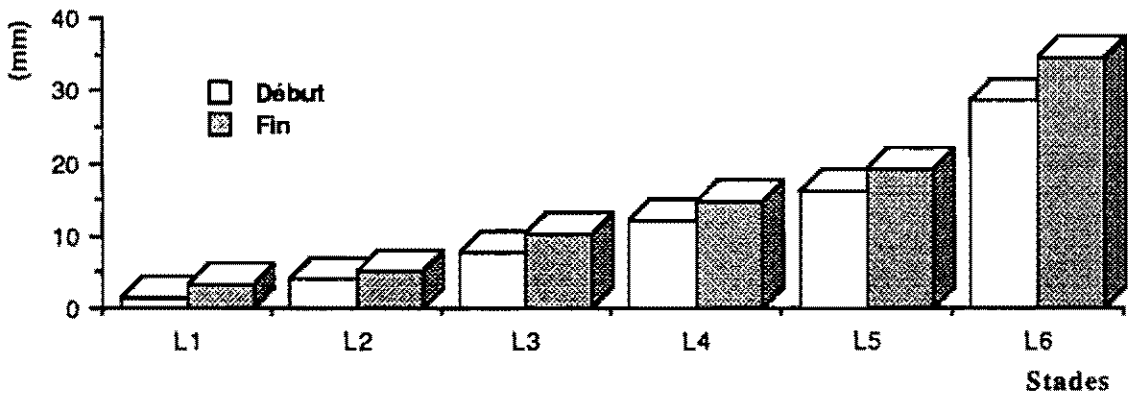


**Figure 3:** Dimensions des capsules céphaliques de *M. unipuncta*.

Les mesures prises dans la population des Açores sont voisines de celles prises par VIVAS (1974) pour une population d'Espagne et de celles de VIEIRA (1987) pour la population açoréenne.

#### (4) Mesure de la chenille

La taille de la chenille, malgré la difficulté que pose l'imprécision de cette mesure, est un critère dont on a besoin pour déterminer rapidement le stade larvaire de *M. unipuncta*. Les mesures ont été prises (fig. 4) après une mue ("début du stade" et avant la mue suivante "fin du stade"). On voit que la croissance est relativement proportionnelle jusqu'à la quatrième mue. A la cinquième mue l'insecte a atteint sa croissance maximale (fig. 2), qui peut être supérieure à 4 centimètres.



**Figure 4:** Longueur moyenne (mm) de la chenille de *M. unipuncta* au début et à la fin de chaque stade larvaire, pour une population à cinq mues (n= 30).

La chenille de *M. unipuncta* est bien reconnaissable. Elle présente une couleur jaune verdâtre sur le dernier tiers de sa longueur. Ce caractère est toutefois très variable allant du noir au jaune pâle ou jaune rose. Tête arrondie, très proéminente, d'un jaune pâle, bien décorée par un réseau caractéristique de fines lignes brunes confondues. Tout le dessus du corps de la chenille est jaune brunâtre et porte trois lignes longitudinales blanchâtres, interrompues, bordées de noir. Tout le long des flancs court une bande jaune crème, plus ou moins sale, dont le bord supérieur suit exactement la ligne des stigmates.

#### **d) La nymphe**

La chrysalide est d'un rouge acajou brillant. Son segment postérieur est terminé par un cremaster portant quatre petits éperons, dont les deux médians sont plus longs et plus éfilés, les deux latéraux portent une petit boule près de leur extrémité.

Les sexes sont reconnaissables car ventralement les derniers anneaux abdominaux, présentent des différents nettes au niveau des ébauches des futurs organes sexuels (fig. 5). Généralement, la nymphe des mâles est plus petite ( $16 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ , le poids moyen est de 288,32 mg) par rapport à celle des femelles ( $18 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  de taille, poids moyen de 354 mg). Cette différence de taille se retrouve chez les adultes.

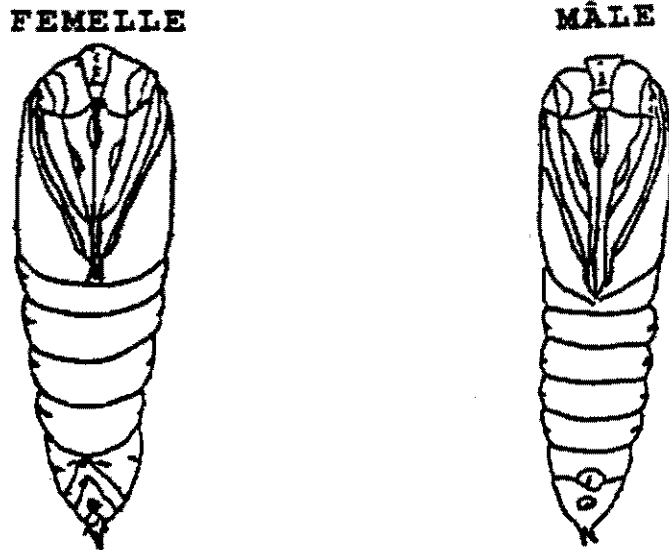


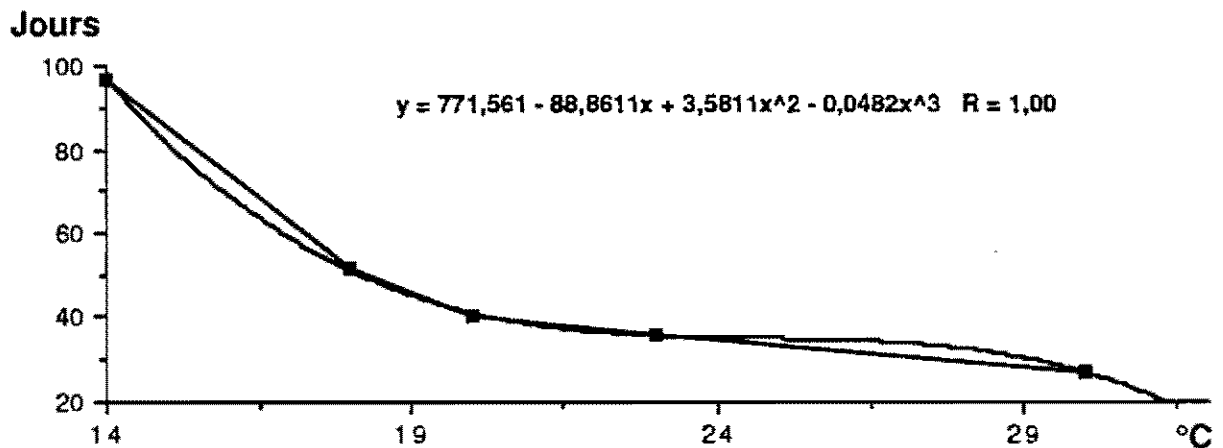
Figure 5: Différences anatomiques sur les derniers segments abdominaux de la nymphe femelle et mâle de *M. unipuncta*.

### 3 - Biologie et éthologie

*M. unipuncta* est plus particulièrement inféodée aux graminées sauvages et cultivées. Ses dégâts sont surtout constatés sur les cultures de céréales (GUPPY, 1961; YATHOM, 1966; BIBOLINI, 1970; BARBULESCU, 1974) et sur les surfaces herbacées des graminées fourragères et des gazons (MARCOWITCH, 1957; ANGLADE, 1968; IRSHENKO, 1974; HERMMERLÈ *et al.*, 1981).

Selon SUKHAREVA (1978), *M. unipuncta* est polyphage et ne présente pas de diapause. Comme tous les poïkilothermes, son développement dépend des fluctuations thermiques environnementales auxquelles elle ne peut se soustraire ni réguler. Cependant, elle s'adapte aux facteurs abiotiques. La durée du développement est en relation directe avec la température, comme le montre l'analyse de la courbe polynomiale positive  $R=1,0$  (fig. 6).

Du fait de son caractère plurivoltin (CAYROL *et al.* 1974) le nombre de générations par an est variable et dépend des conditions climatiques saisonnières et régionales, qui modifient considérablement son comportement et sa biologie, comme nous le verrons plus tard.



**Figure 6:** Durée du cycle de *M. unipuncta* à différentes températures constantes (en jours, avec leur courbe polynomiale positive).

#### a) La chenille

Comme la plupart des Noctuelles, généralement la larve de *M. unipuncta* a une activité crépusculaire et nocturne. Les chenilles, dès leur éclosion, dévorent le chorion des oeufs sans attaquer le ciment recouvrant le support, puis rongent les tissus végétaux sous-jacents. Elles découpent d'abord la surface du limbe sans le perforer complètement, puis rongent entièrement la feuille en l'entamant par le bord. Sur le maïs, les jeunes chenilles restent cachées sous les feuilles pendant une grande partie de leur existence se mettant à l'abri de la lumière et de la chaleur durant le jour et en se plaçant généralement à la base de l'épi. Si on les inquiète elles se laissent tomber en se suspendant au bout d'un fil de soie.

Durant la journée, dans les pâturages et à partir du deuxième stade larvaire, les chenilles quittent le végétal pour se dissimuler sous les débris des plantes au sol. Le soir, elles dévorent très rapidement toutes les parties vertes. Les chenilles attaquent les feuilles, le limbe, et ne laissent que les nervures principales. Elles peuvent s'attaquer aux tiges et aux inflorescences. S'il y a une période de disette leur alimentation se poursuivra aussi bien le jour que la nuit.

Habituellement en nombre réduit, *Mythimna* peut apparaître en invasions. Les dégâts peuvent être comparés, certaines années, à ceux des bandes de criquets (BALACHOWSKY & MESNIL, 1936). Dans le Sud-Ouest de la France BAUCHARD (*in* BALACHOWSKY & MESNIL, 1936) a remarqué que les déplacements étaient orientés. En 1961, des fronts de chenilles se sont dirigés à l'ouest et au sud-ouest pendant l'après-midi. Cette orientation a varié en fonction de l'heure de la journée. Pendant la nuit, des fronts de chenilles se sont dirigés vers le nord. Les mêmes auteurs ont remarqué un fort cannibalisme en cas de grandes agrégations.

En France, la chenille de la Noctuelle des graminées est devenue un ravageur habituel du bassin de l'Adour et des vallées pyrénéennes occidentales que nombreux d'agriculteurs connaissent depuis près de trente ans (HEMMERLÈ *et al.*, 1981). En 1978 et surtout en 1979, d'importants dégâts sur maïs, causés par la deuxième génération, ont été observés dans l'axe nord-ouest de la vallée de la Garonne et la région de Langon ainsi que sur des palus (alluvions) de la Dordogne, zone maïzicole située entre le bassin d'Arcachon et l'estuaire de la Gironde.

### b) La nymphe

À la fin du développement larvaire la chenille s'arrête de manger, s'enfonce dans le sol à quelques millimètres de la surface, vide son intestin et son corps se raccourcit. Quelques heures après elle passe au stade nymphal et l'on peut voir déjà avec netteté, les différents organes du futur adulte.

### c) L'adulte

Après l'émergence l'adulte ne peut s'accoupler qu'après avoir volé (HUDSON & WOOD, 1926). Les adultes volent avec une assez grande rapidité. Selon POITOUT *et al.* (1974), une distance de 30 Km entre le col du Glandon et le col de la Madeleine (automne 1972) a été parcourue, par des papillons marqués, en moins d'une heure. Ils sont

considérés par certains auteurs comme des papillons migrants, qui, selon McNEIL (1988), peuvent provoquer l'établissement de populations temporaires dans des habitats situés beaucoup plus au nord par rapport aux régions où les populations sont sédentaires. Ces papillons sont susceptibles d'effectuer des vols de migration orientés, de grande amplitude (de l'ordre du millier de kilomètres et plus), échappant ainsi au gré des saisons, aux conditions estivales ou aux conditions hivernales sous lesquelles ils ne pourraient survivre (POITOUT & BUES, 1976).

Les adultes de *M. unipuncta* se nourrissent habituellement du nectar des fleurs et, à l'occasion, du miellat sécrété par d'autres insectes, notamment par les cochenilles ou par des psylles (BALACHOWSKY, 1972).

#### (1) La ponte

Comme la plupart des Hadeninae (SUKHAREVA, 1978), les papillons de *M. unipuncta* déposent leurs oeufs sous la plante hôte et parfois dans la gouttière formée par les jeunes feuilles repliées du chiendent. Dans les pâturages, en raison du nombre élevé de plantes par unité de surface, il est très difficile de retrouver les oeufs. Cette difficulté était telle que RILEY (1879) récompensait toute personne à même de les trouver.

Durant la ponte la femelle reste très agitée. Ses ailes ne s'arrêtent pas de vibrer. Le nombre d'oeufs déposés est très variable: 700 (GIBSON, 1915 et GURNEY, 1918), 1400 (POND, 1960). Selon BALACHOWSKY (1972), la ponte varie en fonction de l'époque, et est plus abondante au printemps qu'en automne.

La ponte a lieu de préférence le soir et au début de la nuit mais certains individus peuvent la poursuivre pendant la journée. Les oeufs sont parfois isolés mais le plus souvent agglutinés par paquets de 5 à 40 et parfois même de plus de 100. Ils sont régulièrement alignés les uns à côté des autres sur le limbe des feuilles des graminées.

## B - LES BIOTOPES

### 1- Distribution mondiale

La noctuelle *M. unipuncta* est une espèce cosmopolite, présente dans les cinq continents. D'après BALACHOWSKY (1972), elle est très commune dans les régions humides des zones tropicales et tempérées chaudes (Sud et Sud-Est du continent asiatique, Sud du Japon, Amérique centrale, Nouvelle-Guinée, Australie) ainsi que dans le centre et le Nord-Est des Etats-Unis, dans le Sud-Est du Canada et dans l'Est du continent asiatique. Sa distribution se trouve surtout localisée dans l'hémisphère nord, principalement dans une zone comprise entre le 10ème et le 45ème parallèle (BUES *et al.* 1986). Nous donnons les dates des premiers signalements de l'espèce pour les différents pays (tab. 1).

Date	Pays	Auteur(s)
1743	Tohican -E.U.A.	BARTRAM in SMITH
1803	Angleterre	HAWORTH
1860	Canada	GUPPY (1961)
1870	Açores	GODMAN
1871	Peninsule Balkanique	STAUDINGER
1880	Suisse	FREY
1901	Peninsule Ibérique	STAUDINGER & REBEL
1901	France	STAUDINGER & REBEL
1901	Canaries + Madère	STAUDINGER & REBEL
1904	Europe du Nord et Centrale	REZBANYAI
1919	Maroc	VAYSSIERE
1928	Irlande	MEYRICH
1936	Du Brésil au Canada	MESNIL
1940	Sicile	MARIANI
1956	Japon	IWAO
1962	Sri Lanka	MULDER
1962	Pakistan	ALAM
1963	Iran	BROUMAN
1963	Israël	RIVNAY
1964	Belgique	BOURSIN
1967	Grèce	STAVRAKIS
1969	Italie	TAMBLAY
1978	Norvège (Fennos.)	ANDERSEN & FJELDSA (1983)

Tableau 1: Distribution mondiale de *M. unipuncta* par pays.

Cette distribution montre que *M. unipuncta* se rencontre dans tous les Pays d'Europe et d'Afrique qui encadrent même de loin l'archipel des Açores.

En ce qui concerne le foyer original, certains auteurs (BALASCHOWSKY & MESNIL, 1936; BREELAND, 1958; BARBULESCU, 1974) le situe dans le Nord de L'Amérique, mais BOURSIN (1964) considère que son origine est néo-tropicale.

Selon BUES *et al.* (1986) le principal obstacle à l'installation de l'espèce, aux limites latitudinales nord de son aire de répartition, est sa difficulté de survivre en conditions climatiques hivernales. Ainsi, ces auteurs distinguent trois zones:

- Celle au nord du 45ème parallèle, où les populations ne peuvent être maintenues que grâce aux apports renouvelés d'adultes immigrants;
- Celle au sud du 40ème parallèle, où le développement de l'espèce est continu;
- Celle entre le 40ème et le 45ème parallèle, où la survie hivernale paraît étroitement liée aux conditions locales.

C'est dans cette dernière zone que le problème de prognose se pose avec le plus d'accuité. En effet, on y observe une grande irrégularité des populations d'une année à l'autre ou d'une génération à l'autre avec des vols de dispersion qui accroissent le caractère permanent du risque.

## 2- Distribution açoréenne

### a) Origine de l'archipel

Les éruptions volcaniques qui sont à l'origine de l'archipel ont débuté au Miocène pour se poursuivre jusqu'en 1957-1958 (éruption de Faial, GEOGRÁFICA, 1988).

L'archipel est situé au carrefour de deux importantes zones de volcanisme (dépression méditerranéenne et crête atlantique). On peut trouver 3 lignes tectoniques d'orientation WNW-ESE. Tout au long de ces lignes se trouvent de grandes élévations, cratères de volcans déjà éteints (les "chaudières"), et même des phénomènes de volcanisme atténué comme les geysers, les fumerolles dans le "Vale das Furnas", les sources d'eaux thermales surtout dans les îles de São Miguel, Graciosa et Faial et les torrents de lave refroidie d'anciens volcans (DREPA, 1987).

## b) Géographie de l'archipel

L'archipel des Açores est constitué par neuf îles associées selon 3 groupes: le groupe oriental (îles de Santa Maria et São Miguel), le groupe Central (îles de Terceira, Garciosa, São Jorge, Pico et Faial) et le groupe occidental (îles de Flores et Corvo) fig. 7. Les surfaces de ces îles sont représentées dans la fig. 8.



Figure 7: Carte de l'Archipel des Açores.

D'origine volcanique, les Açores sont situées en plein Atlantique Nord en face de l'Europe et ont une surface totale d'environ 2333 Km<sup>2</sup>. Les îles délimitent une surface maritime de 181500 Km<sup>2</sup> (FERNANDES, 1985) et une zone économique portant sur 938000 Km<sup>2</sup> (DREPA, 1987). Leurs coordonnées géographiques sont les suivantes: latitude 36° 55' 43" sud et 39° 43' 23" nord, longitudes 24° 46' 15" est et 31° 16' 24" ouest. L'archipel est à une distance de 1500 Km de Lisbonne et de 3500 Km du continent Nord Américain.

Les îles de Pico et de Faial sont celles qui se trouvent les plus proches l'une de l'autre (6 Km environ). Santa Maria et Corvo sont les îles les plus éloignées l'une de l'autre (600 Km approximativement).

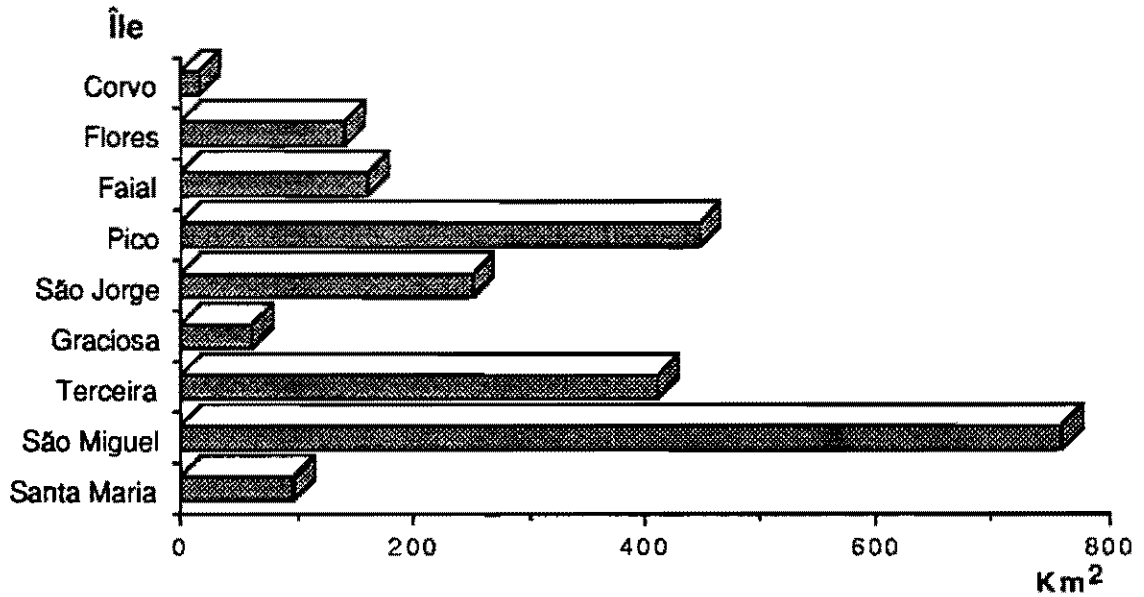


Figure 8: Surface en Km<sup>2</sup> des neuf îles de l'archipel des Açores.

C'est dans la plus grande île de l'archipel des Açores (São Miguel), qui a une superficie de 759,41 Km<sup>2</sup>, une longueur de 65 Km et une largeur maximum de 16 Km, que nous avons étudié sur le terrain *M. unipuncta*. L'île est formée de deux massifs volcaniques séparés par une cordillère centrale de faible altitude. Les grands cratères des "Sete Cidades", de "Fogo" et de "Furnas" renferment de nombreux lacs.

Les principaux pics montagneux sont le "Pico" dans l'île du même nom (2351 mètres), le "Pico da Vara" dans l'île de São Miguel (1103 mètres) et le "Pico da esperança" dans l'île de São Jorge (1053 mètres). La distribution orographique est représentée sur le fig. 9. On voit que 50% de la surface de l'archipel se trouve à moins de 300 m d'altitude et que seulement 5% se trouve à plus de 800 m.

### c) Le climat insulaire

La douceur du climat et surtout les faibles variations thermiques annuelles sont des facteurs favorables au développement des êtres vivants. Les Açores ont un climat tempéré océanique, car l'archipel est situé à la latitude des centres de hautes pressions de l'Atlantique Nord et est en contact avec les masses d'air polaire et tropical.

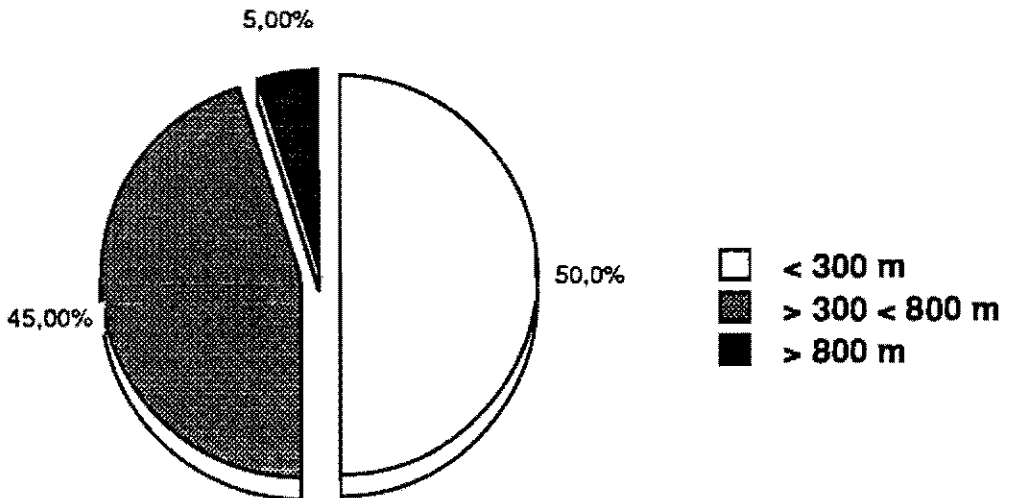


Figure 9: Distribution orographique en pourcentage de l'archipel des Açores (DREPA, 1987).

L'océan et plus précisément une ramification du courant du Golfe constituent le grand régulateur donnant aux îles une faible oscillation thermique annuelle (fig. 10 et 11) et des pluies pratiquement toute l'année (fig. 12).

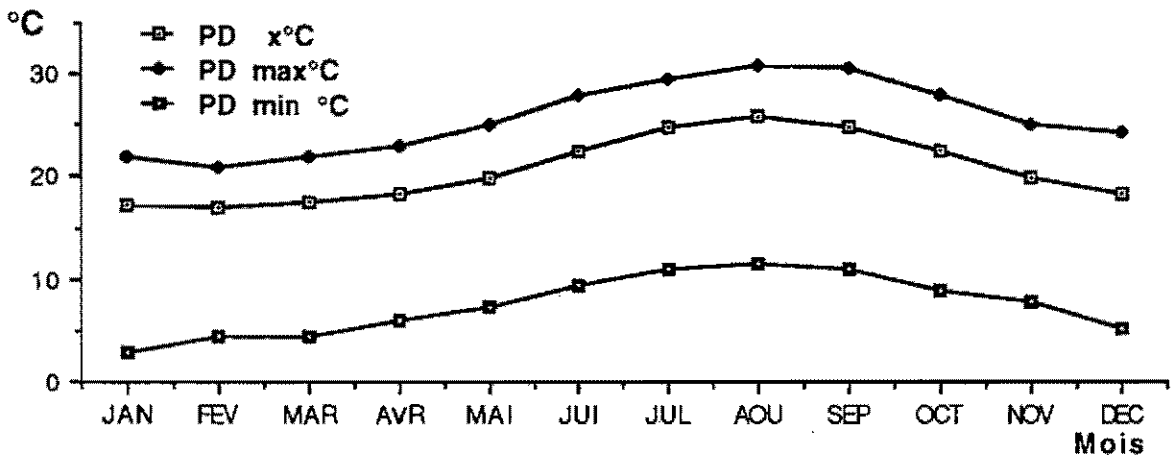
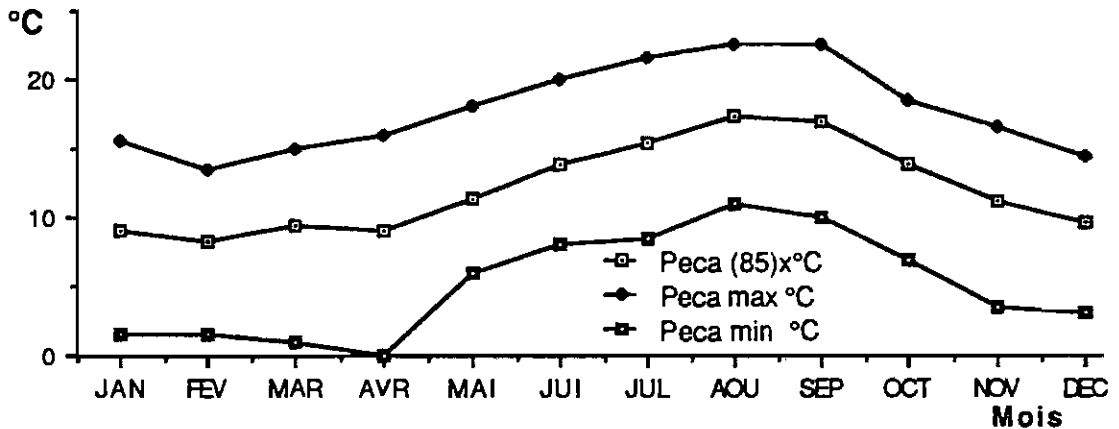
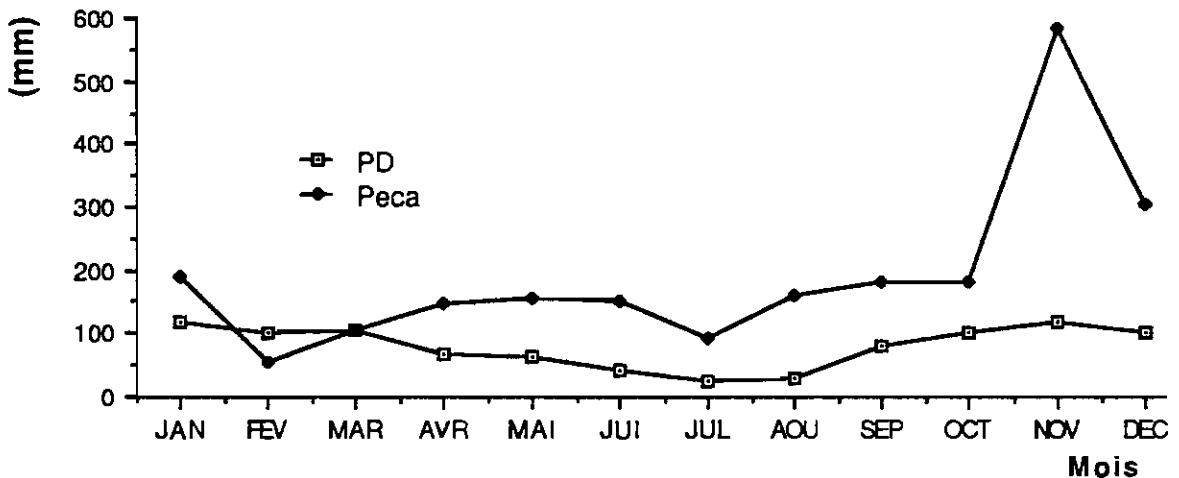


Figure 10: Température mensuelle moyenne =  $x^{\circ}\text{C}$ , maxima =  $\text{max}^{\circ}\text{C}$  et minima =  $\text{min}^{\circ}\text{C}$  à PD = Ponta Delgada à 50 m d'altitude (>30 ans) selon l'Institute National de Météorologie et de Géophysique (INMG).

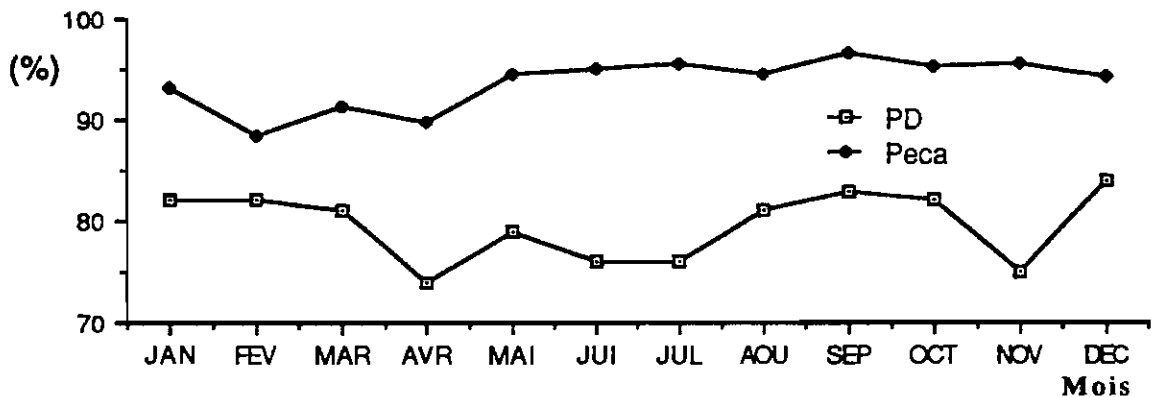


**Figure 11:** Température mensuelle moyenne =  $x^{\circ}\text{C}$ , maxima =  $\text{max}^{\circ}\text{C}$  et minima =  $\text{min}^{\circ}\text{C}$  à Peca à 500 m d'altitude (>30 ans), selon INMG.



**Figure 12:** Précipitations mensuelle moyenne à S. Miguel-Açores à deux altitudes: PD = Ponta Delgada et Peca, respectivement à 50 et 500 m d'altitude (>30 ans), selon INMG.

Parmi les facteurs climatiques qui jouent un rôle fondamental c'est la pluviométrie, qui a une incidence écologique majeure car elle est la principale source d'eau pour les êtres vivants et joue de ce fait un rôle sur la répartition de la flore et de la faune. Ce facteur hydrique va favoriser dans un climat océanique la forte humidité relative (fig. 13) des îles et entraîner des baisses de température. D'autre part, si l'humidité atmosphérique augmente, l'eau du sol ne s'évapore pas et vice-versa d'où la production permanente de végétation sur les îles, des pâturages notamment.



**Figure 13:** Humidité relative mensuelle moyenne dans deux localités de l'île de S. Miguel-Açores: PD= Ponta Delgada et Peca (>30 ans), selon INMG.

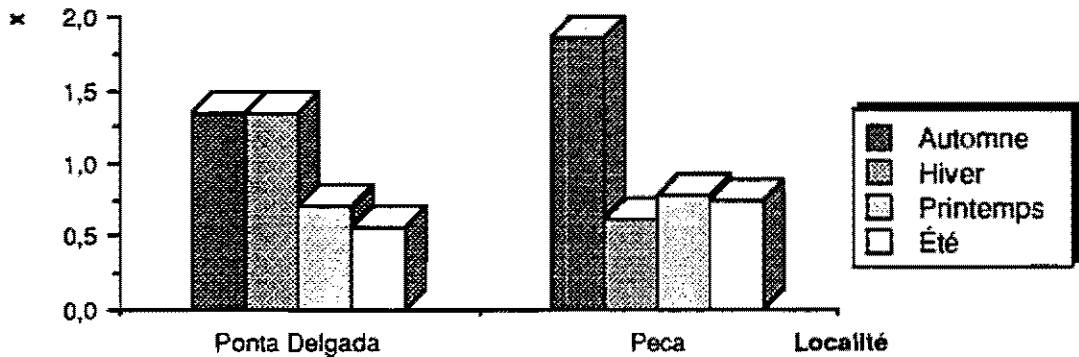
Si nous considérons le "régime saisonnier moyen" - lequel apprécie les précipitations par 4 valeurs différents: printemps, été, automne et hiver - pour les deux localités citées (tab. 2), établi par MUSSET et approfondi par EMBERGER (QUEZEL, communication personnelle), on constate que les valeurs des précipitations s'élèvent pendant l'automne et l'hiver à Ponta Delgada (basse altitude) et en automne seulement à Peca (moyenne altitude), fig. 14.

Localité	Automne	Hiver	Printemps	Été	Total
Ponta Delgada	323 (1.35)	325 (1.35)	171 (0.71)	137 (0.57)	956
Peca	1067 (1.85)	352 (0.61)	452 (0.78)	434 (0.75)	2305

**Tableau 2:** Régime saisonnier moyen de la pluviométrie (mm) de deux localités: une à basse altitude et l'autre à altitude moyenne. Les valeurs entre parenthèses représentent le coefficient relatif saisonnier moyen.

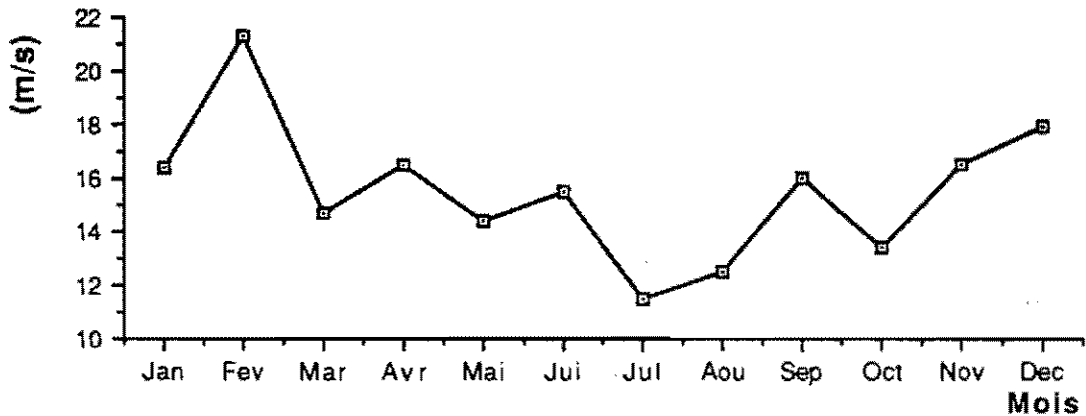
La température est un facteur limitant; trop élevée ou trop faible elle peut exclure ou limiter la vie de certaines espèces (DAJOZ, 1974). Comme nous l'avons déjà vu (figs. 10 et 11), on observe une diminution des températures en fonction de l'altitude. Les amplitudes thermiques annuelles (différence entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid) à Ponta Delgada et Peca sont respectivement de 8.8°C et 8.9°C.

Les autres facteurs qui ont une certaine influence sont le vent, la nébulosité, le rayonnement solaire et la photopériode.



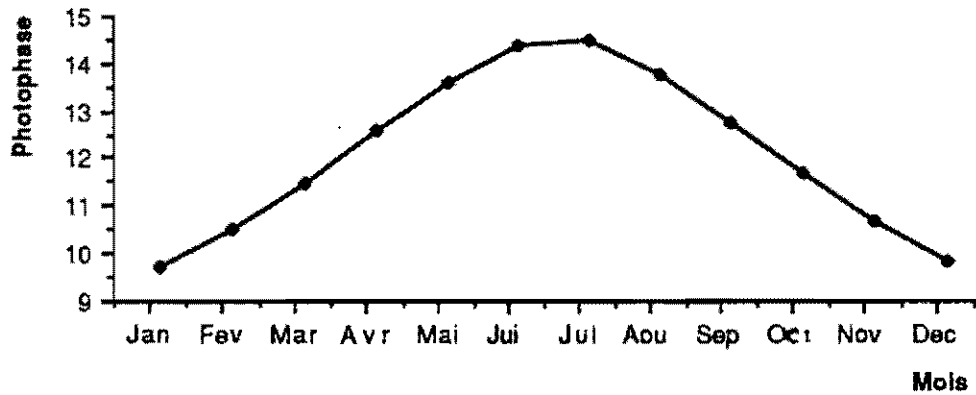
**Figure 14:** Coefficients relatifs saisonniers moyens de la pluviométrie (x) de deux localités de S. Miguel-Açores

C'est ainsi que les Açores (fig. 15) sont cycliquement touchées par la violence des vents d'ouest et d'est en automne et en hiver. Leur violence peut provoquer des déformations morphogénétiques sur les plantes, particulièrement sur les arbres en bord de mer, en altitude dans les zones les plus ventées. Ces vents jouent non seulement un rôle thermique mais contribuent à la dissémination des espèces vivantes.



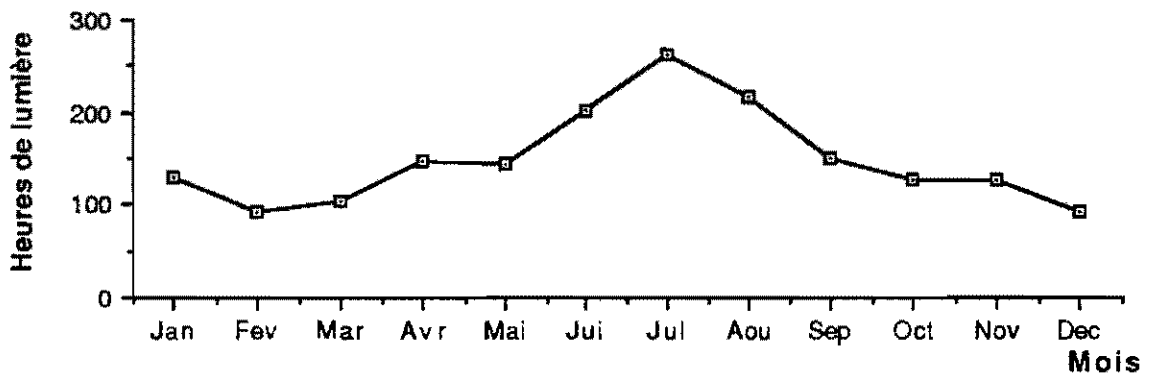
**Figure 15:** Vitesse du vent (m/s) à l'aéroport de Ponta Delgada (1986), selon INMG.

Le rythme d'éclairement, le seul qui ne présente pas de variabilité d'une année à l'autre, a une influence très marquée dans celui des êtres vivants. Il joue un rôle de régulateur de la biologie, de la taille, de la forme, du métabolisme et du comportement avec les autres facteurs de l'environnement (BECK, 1968). Aux Açores, du fait de la forte nébulosité, son intensité est plus atténuée (fig. 16).



**Figure 16:** Photophase mensuelle moyenne, pour la latitude moyenne des Açores (modifiée de BECK, 1968).

La nébulosité est très forte aux Açores (fig. 17). Elle touche surtout les zones d'altitude ce qui a amené FERREIRA (1980) à appeler ce phénomène "la mer des nuages de Huetz de Lemp".

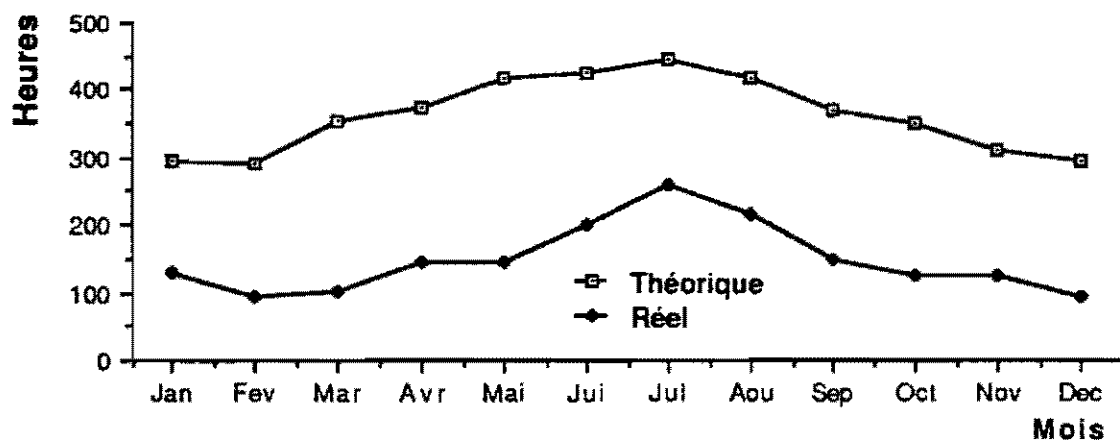


**Figure 17:** Nombre d'heures de lumière par mois à Ponta Delgada pendant l'année 1986, selon INMG.

Si l'on compare la photophase de BECK (1968) et la durée en heures de lumière par mois de l'INMG. (fig. 17) on se rend compte de l'importance de la nébulosité dans le contexte régional. La nébulosité réduit considérablement le nombre réel d'heures de lumière par jour et d'une façon pratiquement constante tout au long de l'année (fig. 18).

#### d) Cultures menacées par *M. unipuncta* dans l'archipel

La fertilité du sol, la position géographique entre l'Europe, l'Afrique et l'Amérique, contribuèrent à l'expansion économique rapide de l'archipel centré sur la



**Figure 18:** Comparaison entre la photophase théorique de BECK (1968) en moyenne altitude des Açores et le nombre d'heures de lumière réelles (réel) à Ponta Delgada, selon INMG.

culture du blé (céréale) que l'on exportait vers les garnisons portugaises des places fortes d'Afrique du Nord, et qui est remplacée aujourd'hui par l'expansion des pâturages.

Il existe généralement une bande littorale autour des villages d'occupation agricole et une végétation côtière uniforme tout au long de l'archipel. Une zone de pâturages lui fait suite, accompagnée de bois situés en altitude et parfois insérés dans les pâturages.

La menace de *M. unipuncta* pèse essentiellement sur deux cultures: celle du maïs et celle des prairies pérennes. Il s'agit pour ces dernières de pâturages exploités intensivement où l'ont fait l'élevage du bétail en plein air pendant toute l'année. Ils sont artificiels et constitués essentiellement par les graminées suivantes: *Lolium multiflorum* LAM.; *L. hybridum* L.; *L. perenne* L.; *Holcus lanatus* L.; *Festuca pratensis* L.; *F. arundinacea* SCHREB.; *Bromus willdenowii* KUNTH.; *Phleum pratense* L. et *Dactylis glomerata* L.. On y trouve également les légumineuses: *Trifolium repens* L.; *T. campestre* SCHREB.; *T. pratense* L.; *Lotus subbiflorus* LAG. et *L. uliginosus* SCHKUHR (BORGES, 1982). Le rendement en lait industrialisé a augmenté régulièrement de manière significative depuis 1974 (fig. 19). Une même tendance est observée pour le nombre de têtes de bétail abattues pour la consommation régionale et pour les bovins vivants qui sont exportés (fig. 20). Ces produits représentèrent en 1981, 75% des valeurs exportées de l'archipel.

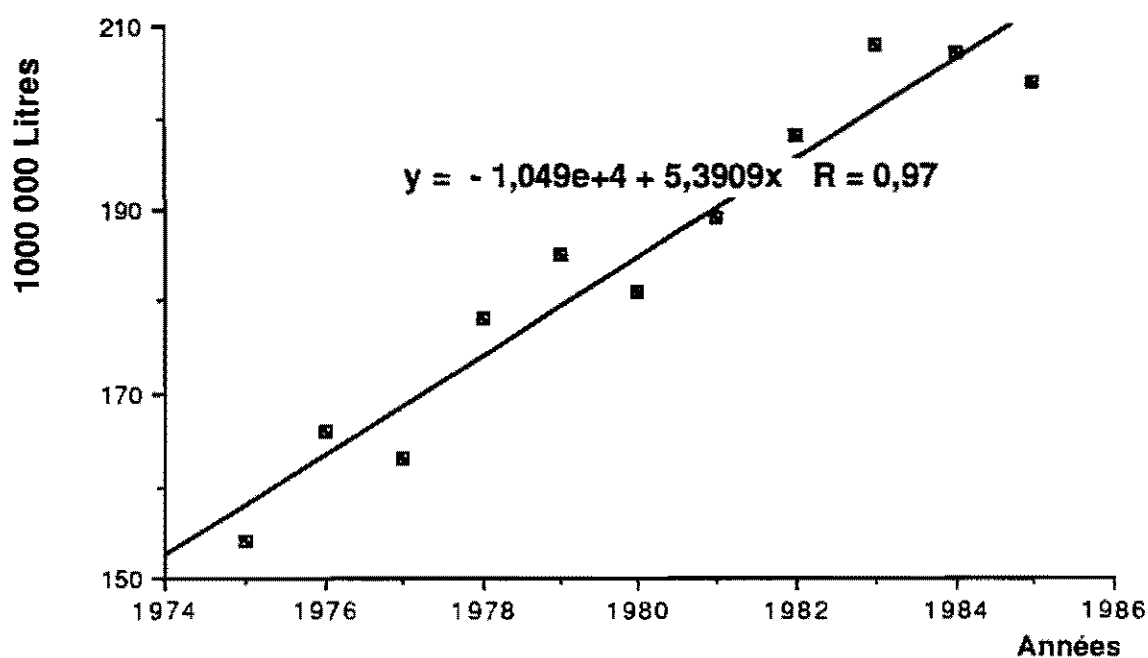


Figure 19: Croissance de la production laitière en litres de lait de 1974 à 1986 aux Açores (DREPA, 1987).

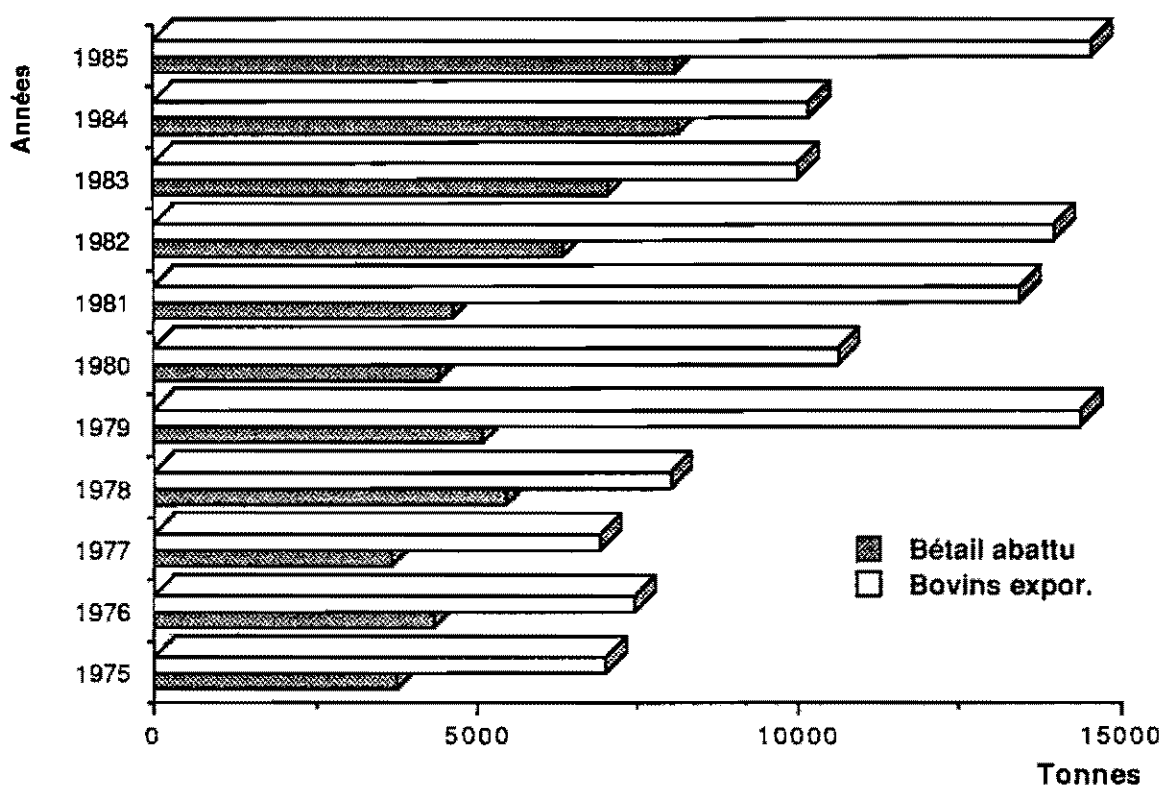


Figure 20: Tonnage de bétail abattu et bovins exportés vivants des Açores (JNPP in DREPA, 1987).

### e) *M. unipuncta* et l'entomofaune nuisible des Açores

Comme dans la plupart des îles, les espèces d'insectes ravageurs d'origine insulaire sont en nombre réduit, mais il n'existe pas à ce jour d'inventaire fiable du nombre d'espèces d'insectes présentes dans l'archipel. GUIMARÃES & BEJA (1974) a publié les résultats d'une enquête réalisée en 1966 sur l'entomofaune associée aux produits stockés aux Açores, où sont reconnues 127 espèces d'insectes et d'acariens.

La contribution la plus importante sur ce point est celle apportée au 1er Congrès de la Société Portugaise d'Entomologie (SPEN) de 1979 (Ponta Delgada). Ainsi, CARNEIRO (1982) signale:

- 33 espèces d'Hémiptères, tous ravageurs,
- 98 espèces d'Aphides dont 14 ravageurs,
- 95 espèces de Coléoptères dont 15 ravageurs,
- 88 espèces de Lépidotères dont 20 ravageurs,
- 400 espèces de Diptères dont 9 ravageurs,
- 3 espèces d'Hyménoptères tous ravageurs.

Le nombre d'insectes considérés comme ravageurs est inférieur à une centaine dans l'archipel dont 20 pour les lépidoptères (tabl. 3). Parmi ces derniers *M. unipuncta* est de loin l'espèce la plus nuisible.

## C- DYNAMIQUE DES POPULATIONS

### 1- Généralités

Selon DAJOZ (1974) "une population est formée par l'ensemble des individus de la même espèce qui occupent un espace déterminé à un moment donné". La plupart des écologistes sont d'accord pour considérer les populations comme des unités douées de propriétés particulières qu'il est possible d'étudier, et non comme un ensemble d'individus

Ordre	Famille	Genre et espèce
Lepidoptera	Gelechiidae	<i>Sitotroga cerealella</i> (OLIVIER) <i>Phthorimaea operculella</i> (ZELLER) <i>Tebenna bjerkanrella</i> (THUNB.)
	Glyphipterigidae	<i>Opogona omoscopa</i> MEYRICK
	Hieroxestidae	<i>Prays citri</i> (MILLIÈRE)
	Hyponomeutidae	<i>Amathes c-nigrum</i> L. <i>Autographa gamma</i> L. <i>Chysodeixis chalcites</i> ESP. <i>C. orichalcea</i> F. <i>Helicoverpa armigera</i> HB. <i>Mamestra oleracea</i> L. <i>Mythimna unipuncta</i> HAW. <i>Noctua pronuba</i> L. <i>Scotia segetum</i> SCHIFF. <i>Sesamia nonagrioides</i> LEF. <i>Spodoptera littoralis</i> B. <i>S. exigua</i> HB. <i>Trichoplusia orichalcea</i> (FAB.)
	Noctuidae	<i>Pieris brassicae</i> LE. <i>P. brassicae azorensis</i> REBEL
	Pieridae	<i>Anagasta kuehniella</i> ZELLER
	Pyralidae	<i>Acherontia atropos</i> LIN. <i>Agrius convolvuli</i> L.
	Sphingidae	<i>Grapholita molesta</i> BUSCK <i>Cydia pomonella</i> L.
	Tortricidae	

Tableau 3: Lépidoptères ravageurs dans l'île de S. Miguel - Açores (CARNEIRO, 1982; CARVALHO, 1982 et GUIMARÃES, 1982).

indépendants les uns des autres. L'étude des populations peut se faire en décrivant les variations de l'abondance des individus soit dans le temps, soit dans l'espace.

Dans le cadre de la lutte biologique qui nous intéresse ici on doit à VARLEY & ROY (1957), d'avoir montré l'importance que revêtent les relations hôte-parasite ou prédateur-proie en dynamique des populations. L'influence des prédateurs sur la croissance de populations de proies a été mise en évidence dès les premiers essais de lutte avec la coccinelle *Rodolia cardinalis* MULS. contre la cochenille de l'oranger (DAJOZ, 1974). HOWARD & FISK ont montré dès 1911 pour deux lépidoptères forestiers défoliateurs introduits aux Etats-Unis, *Lymantria dispar* L. et *Euproctis chrysorrhoea* L., la grande importance des ennemis naturels dans la régulation de leurs populations.

Au cours de ce siècle c'est à partir des années trente que les recherches de GAUSE (1931, 1935) sur des espèces de laboratoire et les analyses mathématiques de LOTKA (1934) et de VOLTERRA & D'ANCONNA (1935) ont eu pour objectifs

fondamentaux de déterminer les limites de croissance d'une population en fonction de la quantité d'aliments disponibles et d'évaluer les effets de la compétition interspécifique sur chacune des espèces mises en présence. Elles ont permis aux scientifiques d'initier des études sur la dynamique des populations de plus en plus basées sur des méthodes mathématiques faisant appel à la statistique. Celles-ci, selon SNEDECOR & COCHRAN (1957), représentent "des techniques de collecte, d'analyse, permettant de formuler des conclusions à partir d'observations".

Dès le début, les facteurs biotiques et abiotiques ont été retenus comme les principaux facteurs qui limitant la vie animale. Les premiers ont été à l'origine des théories de NICHOLSON (1933, 1954, 1958), NICHOLSON & BAILEY (1935) et SOLOMON (1949, 1957), les seconds ont fait l'objet des travaux d'UVAROV (1931) et de BODENHEIMER (1930, 1938) qui en ont montré l'importance, surtout en ce qui concerne le climat. Plus tard, CHITTY (1960) et PIMENTEL (1961) ont démontré l'influence des facteurs génétiques dans la régulation des populations.

Le programme "International Biological Program" (IBP), mis en route dans les années soixante, a été, selon BURGESS *et al.* 1981, le grand stimulus pour beaucoup d'études écologiques dans les dernières décades.

La dynamique du vol des populations adultes de *M. unipuncta*, avant que le problème ne se pose pour les Açores a été étudiée dans différents pays: aux Etats-Unis (BREELAND, 1958), au Canada (GUPPY, 1961; McCLANAHAN & ELLIOTT, 1976; FIELDS & McNEIL, 1984; McNEIL, 1988), en France (ANGLADE, 1969; CAYROL *et al.*, 1974; POITOUT *et al.* 1974; BUES *et al.*, 1986), en Espagne (GARRIDO *et al.*, 1979), au Mexique (GÓMEZ *et al.*, 1980), au Portugal (BRANCO, 1980) et aux Açores (ANUNCIADA, 1984). Dans leurs travaux les chercheurs ont fait appel surtout aux pièges lumineux et aux pièges sexuels pour quantifier les individus capturés dans un certain laps de temps.

Si les pièges permettent de préciser le début, la durée et la variabilité du vol, il n'existe pas pour cette espèce de rapport fiable entre le nombre d'adultes piégés et leurs descendants. En effet, les facteurs qui vont favoriser le vol des papillons (DUFAY, 1964;

McCLANAHAN & ELLIOTT, 1976) ne favorisent pas obligatoirement la survie de leur descendance, qui sera par ailleurs soumise à l'influence, négative ou positive d'autres facteurs de régulation. Enfin, l'existence de vols migratoires chez *M. unipuncta* (POITOUT *et al.*, 1976; McNEIL, 1988) rend d'autant plus difficile la mise en évidence de corrélations entre les captures de papillons et l'importance des populations larvaires qui peuvent en résulter au niveau local.

Dans l'archipel, le foyer de *M. unipuncta* étant permanent, c'est à dire que l'espèce dispose de toutes les conditions biotiques et abiotiques pour se développer. Aussi pour éviter le maximum d'erreurs nous avons été obligés de faire des échantillonnages directs dans les prairies artificielles afin de dénombrer les chenilles en fonction de leurs stades. Des études de dynamique ont déjà été effectuées pour ce même ravageur dans d'autres lieux: en France ANGLADE (1968), en Iran par BARBULESCU (1974) aux Açores par GARCIA & TAVARES (1977), GARCIA & TAVARES (1980), TAVARES (1982) et ANUNCIADA (1984). Cette méthode d'échantillonnage très fiable nous a donné des indications très précises sur la bioécologie de cette Noctuelle dans son écosystème.

## 2- Matériel et méthodes

### a) L'échantillonnage selon le stade larvaire

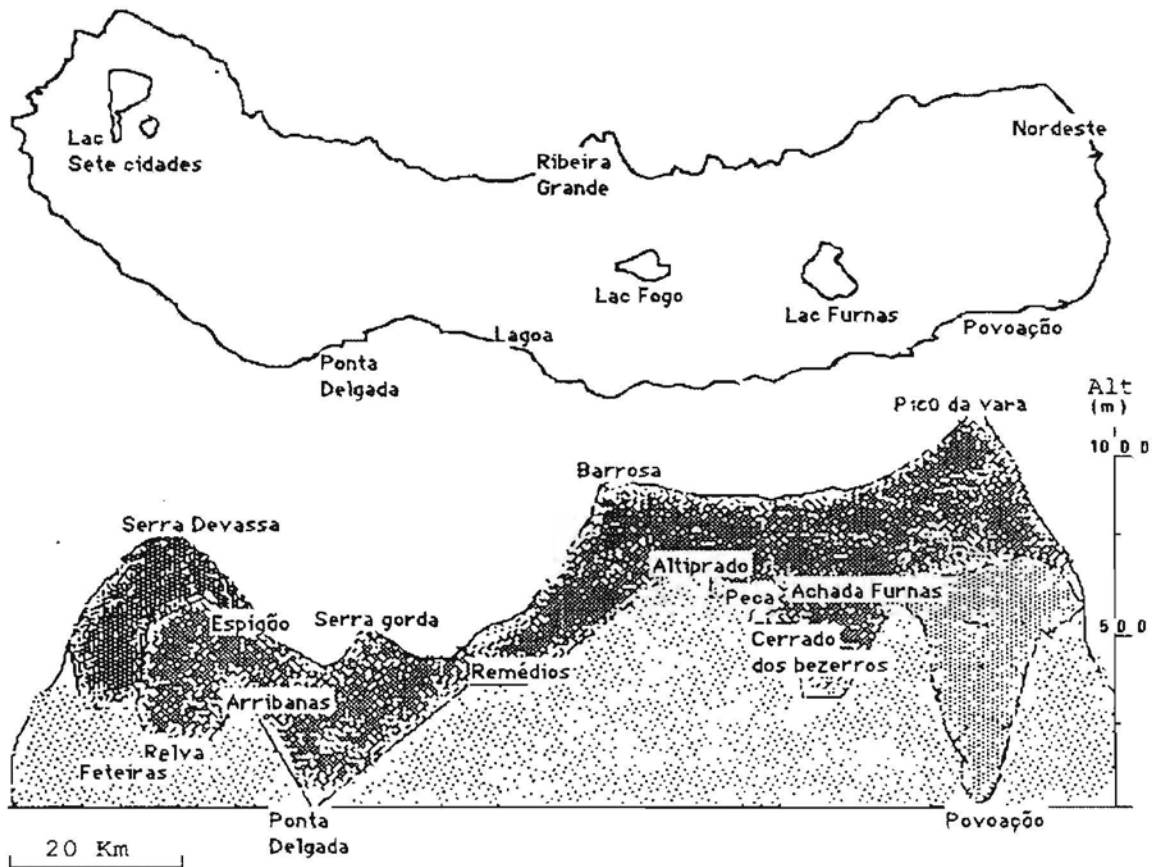
#### (1) Choix des stations d'étude

Nous avons dès 1977 mis en place diverses stations d'échantillonnage (tab. 4)

Date	Station	Altitude (m)
JAN 77 à AOU 78	Remédios I	350
NOV 80 à SEP 82	Remédios II	
NOV 80 à DEC 82	Cerrado dos Bezerros	550
NOV 80 à SEP 81	Feteiras	75
SEP 81 à NOV 82	Relva	250
NOV 82 à SEP 83	Achada das Furnas	550
AOU 82 à JUI 84	Arribanas I	250
OCT 85 à DEC 88	Arribanas II	
OCT 85 à DEC 88	Congro	550
MAI 87 à NOV 87	Altiprado I	550
MAI 88 à NOV 88	Altiprado II	

Tableau 4: Diverses stations d'échantillonnage des stades larvaires de *M. unipuncta* dans l'île de S. Miguel entre Janvier de 1977 et Decembre de 1988, avec leur altitude.

pour des stades larvaires situées à différentes altitudes de l'île de São Miguel (fig. 21). Nous n'avons pu malheureusement les suivre durant toutes les périodes. Ainsi, entre Août 1978 et Novembre 1980, puis entre Juin 1984 et Octobre 1985, nous n'avons pu relever les données.



**Figure 21:** Localisation des stations d'échantillonnage larvaire de *M. unipuncta* dans l'île de São Miguel.

## (2) Méthode d'échantillonnage

L'échantillonnage en un lieu pris au hasard, consiste à dénombrer les chenilles et leurs stades larvaires par unité de surface, une fois par semaine (10 par station). Jusqu'en 1985, cette unité de surface fût le  $m^2$  ensuite, le quart de  $m^2$ . L'avantage de cette

nouvelle unité est de permettre d'effectuer 4 fois plus d'observations (40 par station) d'où une meilleure estimation de la variabilité de la population, une diminution considérable de l'erreur d'observation et, en conséquence, une augmentation de la valeur statistique de la méthode.

Il devient vite évident, à la pratique, que ces méthodes procurent des récoltes peu abondantes. Cela ne signifie pas pour autant qu'elles soient mauvaises, à condition toutefois de bien savoir récupérer les insectes au milieu du volume végétal isolé. Le temps mis pour examiner une unité d'échantillonnage varie entre 5 à 10 minutes. Il est plus rapide en hiver et au printemps, plus lent au cours des deux autres saisons.

## **b) Piégeage des papillons**

### **(1) Le piégeage lumineux**

La réponse des Noctuelles à la lumière, surtout pendant le soir et le début de la nuit, a donné aux entomologistes la possibilité d'utiliser des pièges lumineux pour l'étude des populations. Grâce à ces derniers nous disposons de données sur la distribution, la répartition géographique, les fluctuations saisonnières et le nombre de générations des lépidoptères depuis plus d'un siècle (COSTMOS, 1879, *in* ROBINSON & ROBINSON, 1950). De nombreuses espèces de lépidoptères y sont capturées, donnant des informations sur leur abondance. Les observations suivies pendant un certain nombre d'années en un même lieu fournissent des informations précieuses pour l'étude de leur impact dans l'écosystème.

L'efficacité de ces pièges a été étudiée par PROVOST (1959); HARSTACH *et al.* (1968); BOWDEN (1973); BOWDEN & MORRIS (1975). Ils donnent souvent d'abondantes récoltes en ce sens qu'ils capturent outre le ravageur recherché tout ou partie de l'entomofaune ce qui rend compte de la variété et de la quantité d'insectes présents dans la zone piégée. Le problème qui se pose alors est de distinguer dans les captures les insectes de passage de ceux appartenant au peuplement propre. Selon ROTH (1971), il s'agit là d'un défaut inhérent à tous les pièges. Il est bien évident que l'on ne récolte que les

insectes qui se font prendre. Le climat a une très grande influence (hygrométrie, vent, température et la position de la lune) mais aussi la "pression démographique". Divers stimuli internes qui peuvent être transitoires (quête sexuelle, alimentaire, etc.) compliquent l'interprétation des récoltes.

Nous avons suivi les populations adultes de *M. unipuncta* à l'aide de pièges lumineux du type "Pennsylvania" (fig. 22) dont la diffusion est très répandue. Ce piège est un peu différent du modèle original décrit par WILLIAMS en 1942. En Europe, il est utilisé avec quelques améliorations notamment en France, à l'INRA d'Avignon (BUES *et al.*, 1986), au Portugal au Centre National de Protection à la Production Agricole - CNPPA (BRANCO, 1980) et aux Açores depuis 1980. Ces pièges ont été prêtés à l'Université des Açores par le Service de Protection des Végétaux du Secrétariat Régional pour l'Agriculture et les Pêches. Leur implantation sur l'île de S. Miguel est indiquée dans la fig. 23.

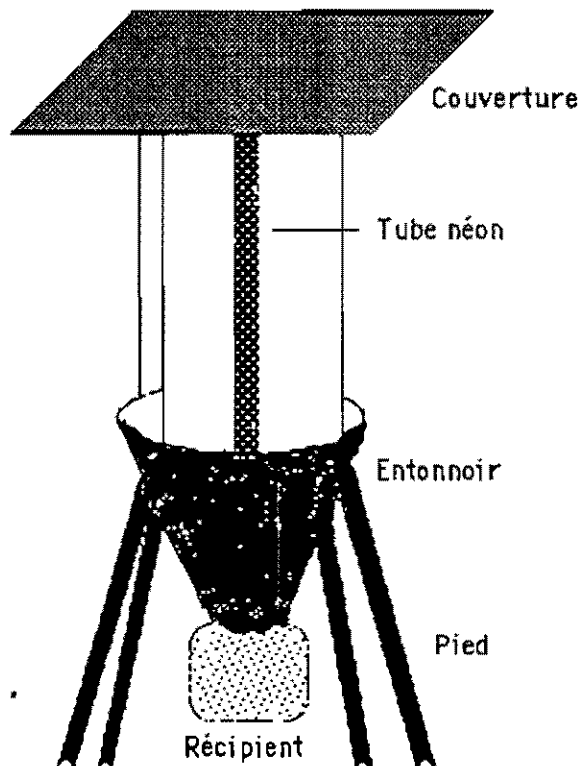


Figure 22: Piège lumineux (UV) du type Pennsylvania utilisé pour l'étude des populations d'adultes de *M. unipuncta* à São Miguel - Açores.

L'énergie pour leur fonctionnement a été d'abord fournie par deux batteries de 12 volts mais celles-ci se déchargeant très vite, nous avons été amenés à relier les pièges à

la tension du réseau public. Dans le cas des pâturages isolés on a fait appel à un générateur électrique (Honda E650).

## (2) Le piégeage sexuel

Pour de nombreuses espèces de noctuelles l'utilisation du piégeage sexuel permet, d'une part, de préciser à l'échelle locale les particularités des cycles évolutifs et, d'autre part, d'ajuster les dates d'interventions avec les périodes de risque (BUES & POITOUT, 1980). Ainsi, en 1988, au réseau de pièges lumineux sont venus s'ajouter des pièges à phéromones sexuelles (fig. 23). Ces derniers sont en train de remplacer les pièges lumineux dans l'avertissement agricole, du fait de leur faible coût, de leur facilité de manipulation et de leur plus grande spécificité de capture car la majorité des individus piégés sont des mâles de la même espèce. L'absence d'un besoin de source d'énergie et leur faible poids facilite, par ailleurs, leur distribution aux emplacements où ils sont nécessaires.

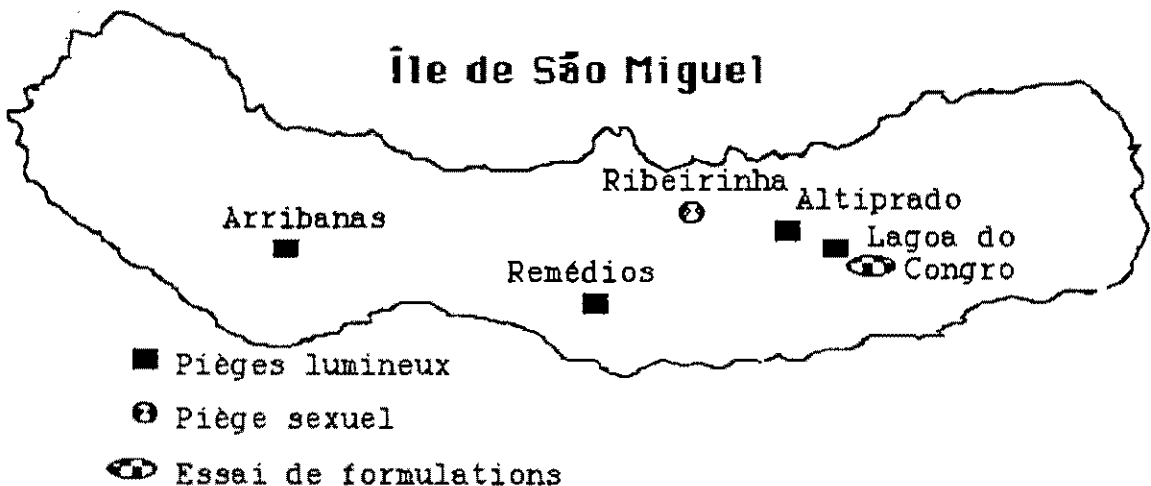


Figure 23: Placement des pièges lumineux et sexuels dans l'île de São Miguel.

La phéromone sexuelle des femelles de *M. unipuncta* a été identifiée et isolée (HILL & ROELOFS, 1980; McDONNOUGH *et al.* 1980; FARINE, 1981). Elle est constituée d'un mélange de plusieurs hydrocarbures insaturés à 16 carbones: hexadécanyl acétate (HDA), cis-9-hexadécényl acétate (Z9HDA), cis-11-hexadécénal (Z11HDal) et cis-11-hexadécénol (Z11HDol). Selon GOTTELAND (1986), en Europe, les recherches

destinées à la mise au point de phéromones de Noctuelles ont commencé en 1975 à la station de l'INRA de Montfavet. Selon ce dernier auteur, des comparaisons entre les résultats des piégeages lumineux (type Pennsylvania) utilisés jusqu'alors et les piégeages sexuels montrent:

- dans le cas de *S. segetum* et *S. ipsilon*, au cours du 1er vol les captures sont plus importantes et plus précoces au piégeage sexuel qu'au piégeage lumineux, alors que c'est le contraire qui se vérifie au cours du 2ème vol;
- qu'il n'existe pas de rapport constant entre les deux méthodes.

Les essais avec les phéromones de synthèse de *M. unipuncta* aux Açores ont eu pour but de tester différentes formulations (tab. 5) d'attractifs sexuels, fournis par le Laboratoire des Médiateurs Chimiques (INRA), et de tester la phéromone utilisée au Canada. Ces deux expérimentations ont été faites en coopération avec la Station de Zoologie de l'INRA d'Avignon et l'Université de Laval (Québec).

Composition	Formulations					
	I	II	Iibis	III	IV	V
Z 11 HDA	880	880	880	880	880	880
HDA	100	100	100	100	100	100
Z 11 HDol	20	20	20	20	20	20
Z 11 HDal	100	50	50	10	1	0
DL - tocophérol	0	0	5	0	0	0

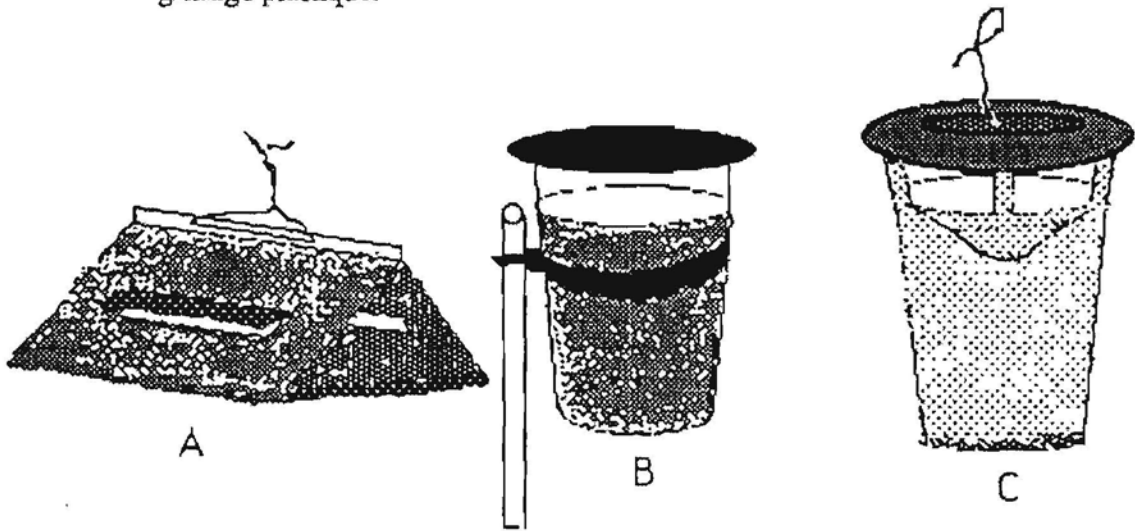
**Tableau 5:** Composition ( $\mu\text{g}$ ) des six formulations de phéromones sexuelles de *M. unipuncta* (selon le Laboratoire de Médiateurs Chimiques de l'INRA).

En ce qui concerne les pièges utilisés dans les essais de formulations phéromonales de *M. unipuncta* (Lagoa do Congro) et à Ribeirinha, 3 types de pièges ont été utilisés (fig. 24):

- Piège à glu mis au point à la Station de Zoologie de l'INRA Bordeaux en carton plastifié, où les papillons sont retenus dans la base inférieure, qui contient un carton encollé au milieu duquel on place la phéromone. Il est suspendu à 2 m de hauteur environ. Ce type de piège a été utilisé seulement pendant les essais préliminaires.

- Piège à eau mis au point à la Station de Zoologie de l'INRA d'Avignon. Il est constitué d'un pot en plastique fixé à l'aide d'un support fixé à 1 m au dessus du sol. Un toit de diamètre supérieur à celui du pot est monté à l'aide de deux supports. Le pot et le toit sont espacés de 3 cm. Au dessous du toit on fixe la phéromone. Le pot doit contenir près de 2/3 d'eau à 5% de "teepol" (agent mouillant).

- Piège à entonnoir du Canada, très proche du précédent, mais où les papillons sont retenus dans le pot par un entonnoir avec un petit orifice situé au niveau supérieur du pot. La phéromone dans ce cas est entourée par un cône en grillage plastique.



**Figure 24:** Divers types de pièges sexuels utilisés dans les essais de *M. unipuncta* : A= piège à glu (INRA Bordeaux); B= piège à l'eau (l'INRA Avignon) et C= piège à entonnoir (Canada).

### (3) Méthode d'échantillonnage

Les captures de *M. unipuncta* ont été dénombrées hebdomadairement. Le matériel biologique récolté dans les pièges lumineux, que fonctionnent toutes les nuits (sauf la piège de l'Altiprado - 2 nuits par semaine), est lavé dès son arrivée au laboratoire à l'eau courante (ceci à cause de l'odeur), puis séché sur une feuille de papier dans des bacs jusqu'au lendemain. Lorsque le matériel est sec on trie les insectes par espèces en notant le nombre et le sexe. Certains pièges ont fonctionné toute l'année, sans interruption d'autres pendant seulement une certaine période correspondant à la durée des expériences (tab. 6).

Piège	Date	Localité
Lumineux	NOV 80 à DEC 82	Arribanas I
	OCT 85 à DEC 88	Arribanas II
	NOV 80 à DEC 82	Remédios
	NOV 80 à DEC 82	Lagoa do Congro I
	OCT 85 à DEC 88	Lagoa do Congro II
	JUI 87 à NOV 87	Alti Prado I
	MAR 88 à DEC 88	Alti Prado II
Sexuel	JUI 88 à DEC 88	Ribeirinha
	JUI 88 à NOV 88	Lagoa do Congro

**Tableau 6:** Localisation et durée des observations des captures de *M. unipuncta* dans des pièges lumineux et pièges sexuels.

La rétention des papillons dans le récipient des pièges lumineux (fig. 22) a été faite entre 1980 et 1985 à l'aide de plaquettes insecticides. A partir de 1985, celles-ci furent remplacées par de l'eau avec 5% de formol. Pendant la durée de l'échantillonnage on a maintenu le matériel biologique récolté en meilleur état.

En ce qui concerne l'emplacement des pièges sexuels à Lagoa do Congro, par rapport à 6 localisations (1 à 6), a été tiré au sort à chaque changement de la capsule contenant la phéromone (tab. 7). Les capsules de phéromones étaient renouvelées chaque mois pendant les 4 mois qu'a duré l'expérimentation.

Emplacement du piège	Répétitions			
	1ère	2ème	3ème	4ème
1	V	I	V	III
2	IV	II	IIbis	IV
3	III	IIbis	II	V
4	I	III	I	IIbis
5	II	IV	III	II
6	IIbis	V	IV	I

**Tableau 7:** Localisation des six formulations phéromones sexuelles (I à V) par rapport à l'emplacement des pièges (1 à 6).

### 3 - Résultats: Structure et fluctuations des peuplements de *M. unipuncta*

L'observation courante montre que les divers individus d'une population de *M. unipuncta* ont une répartition caractéristique. Cette répartition a un sens biologique. Il est intéressant d'en connaître les causes. La répartition régulière est rare, il est donc presque toujours possible de l'éliminer en raison de l'hétérogénéité du milieu. Rare aussi, est la répartition au hasard car elle ne se trouve que dans les milieux homogènes et chez les espèces qui n'ont aucune tendance au groupement (PARK, 1933). Ainsi, il reste à *M. unipuncta* la répartition contagieuse, c'est la plus fréquente (DAJOZ, 1974). Celle-ci est due soit au comportement des adultes qui recherchent le voisinage de leurs semblables, soit à des variations dans les caractéristiques du milieu qui amènent les individus à se grouper dans les zones les plus favorables.

Les populations de *M. unipuncta* sont caractéristiques: on peut affirmer qu'il existe aux Açores des populations permanentes, représentées dans une aire déterminée pendant toute l'année et des populations temporaires qui occupent une zone seulement une partie de l'année. Il est possible aussi que des individus de la population sédentaire se déplacent en grands vols de migration pour aller constituer des foyers dans d'autres localités, comme l'a signalé ANDERSEN & FJELDSA (1983). L'inverse peut aussi être possible.

#### a) Fluctuations des populations imaginales

##### (1) Résultats des piégeages lumineux

L'examen des captures d'adultes de *M. unipuncta* dans les pièges lumineux de la localité d'Arribanas (250 m d'altitude), fig. 25, et Lagoa do Congro (550 m d'altitude), fig. 26, au cours des années 1981 et 1982, montre les différences d'abondance des papillons dans les deux localités.

## Nb're d'adultes / nuit

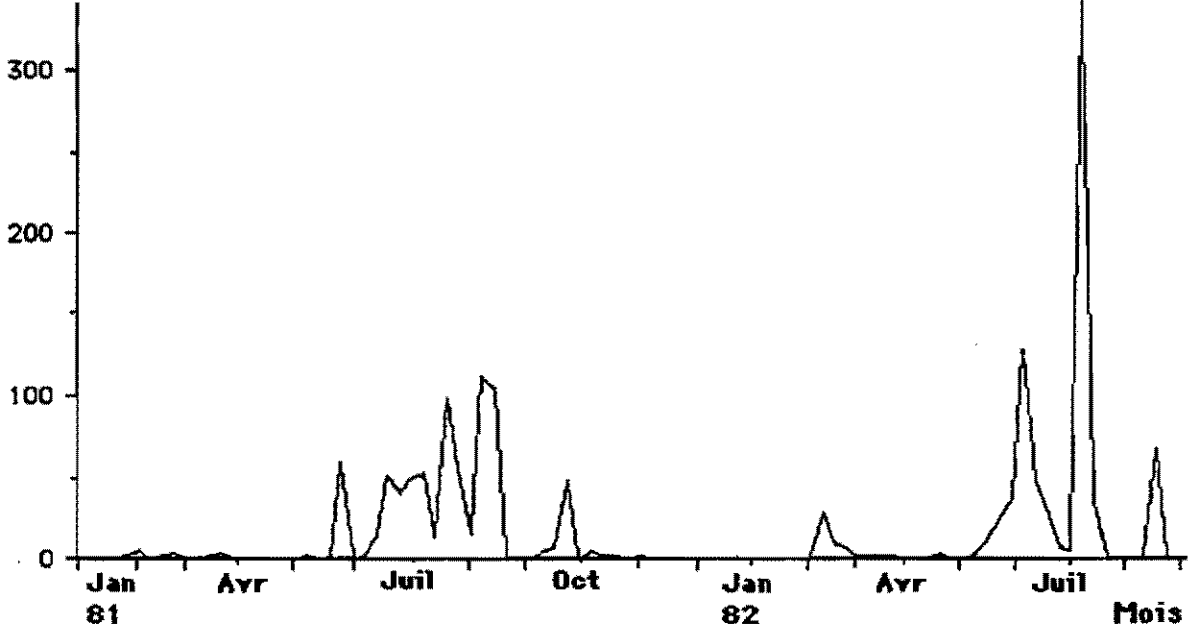


Figure 25: Capture d'adultes de *M. unipuncta* dans la localité de Arribanas en 1981/82.

## Nb're d'adultes / nuit

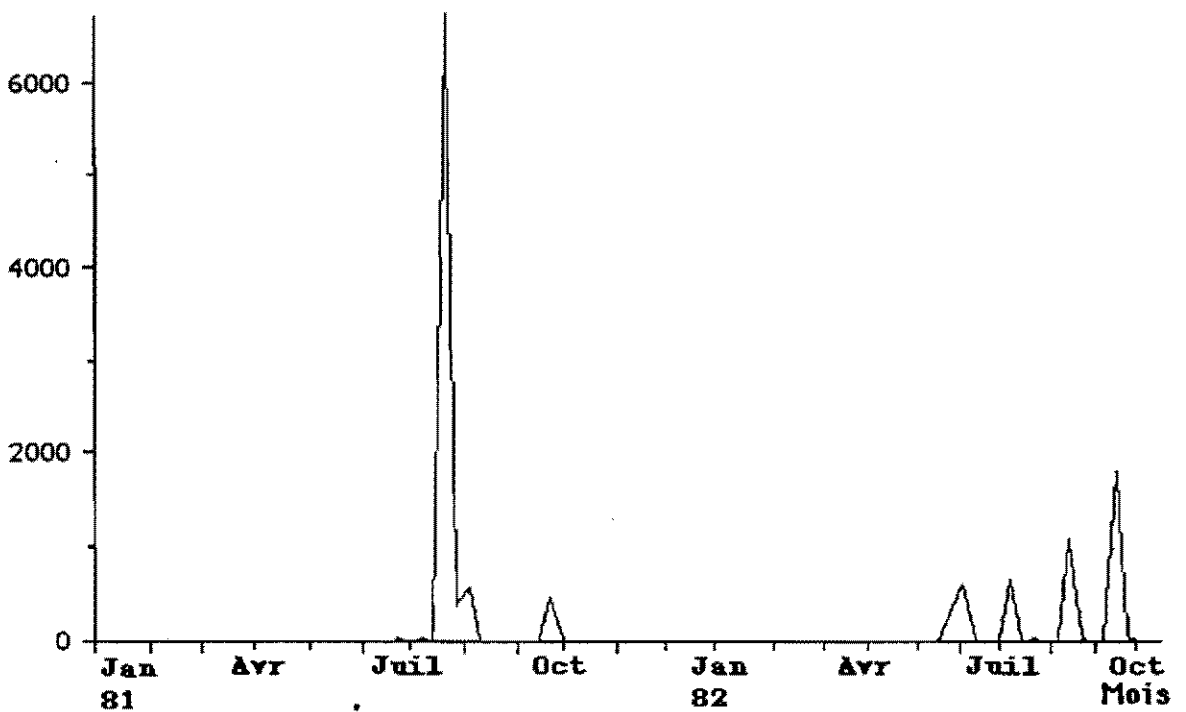


Figure 26: Capture d'adultes de *M. unipuncta* dans la localité de Lagoa do Congo en 1981 et 1982

En 1981 et 1982, comme ANUNCIADA (1984) l'avait déjà vu, le nombre d'imagos capturés a Lagoa do Congo a été très supérieur à celui d'Arribanas, car lors les pics de l'été de 1981 nous avons une relation de 1/60 et dans l'été suivant de 1/5. Ce fait a

été accompagné par des pics très isolés dans le temps dans le premier site et le contraire s'est vérifié à Arribanas. D'autre part, on voit que le début des pics d'adultes à Lagoa do Congro arrive quelques jours plus tard que celui de l'autre localité.

Le nombre de pics d'adultes s'est montré variable à Lagoa do Congro (deux à quatre), il est supérieur ou égal à celui de Congro, pour Arribanas. Ces données concernent respectivement les années 1981 et 1982. Le nombre de générations dans les deux localités sera alors, très dépendant des conditions climatiques de l'année.

On remarque que la forte abondance d'adultes à Lagoa do Congro à la fin du mois de Juillet 1981 (plus de 6000 captures dans une seule nuit) peut être due aux déplacements d'individus qui ont passé la période la plus défavorable de l'année dans les zones les plus basses de l'île, où leurs sorties sont plus précoces. À Lagoa do Congro les populations imaginales sont surtout présentes lorsque les conditions climatiques sont les plus favorables, c'est-à-dire, en été et en automne. Par contre, à Arribanas leur présence est observée pendant toute l'année sauf quelques rares exceptions en hiver et au printemps.

Cinq ans après ces résultats, sauf à de rares exceptions près, ils se sont tous confirmés dans les mêmes localités avec une abondance de papillons de *M. unipuncta* comparable (figs. 27 et 28).

En 1987, il y a eu une présence très atténuée du ravageur et il n'a été nécessaire de n'effectuer la lutte que dans quelques foyers. L'inverse n'a pas été vérifié en 1988.

Une étude similaire a été aussi faite dans une nouvelle station, Altiprado (très proche de Lagoa do Congro, à environ 2 Km), seulement durant la période où *M. unipuncta* occasionne des dégâts (fig. 29). Le nombre d'adultes capturés en 1987 et 1988 dans cette station est supérieur à celui relevé à Lagoa do Congro. Au début d'une seule nuit, au mois d'Août 1988, le piège lumineux contenait environ 10.000 *M. unipuncta*, record de captures aux Açores.

L'apparition d'importantes populations d'adultes aux stations d'Altiprado et de Lagoa do Congro en début d'été, alors qu'elles sont réduites durant le printemps et l'hiver, est à relier au probable apport d'individus venant de basse altitude.

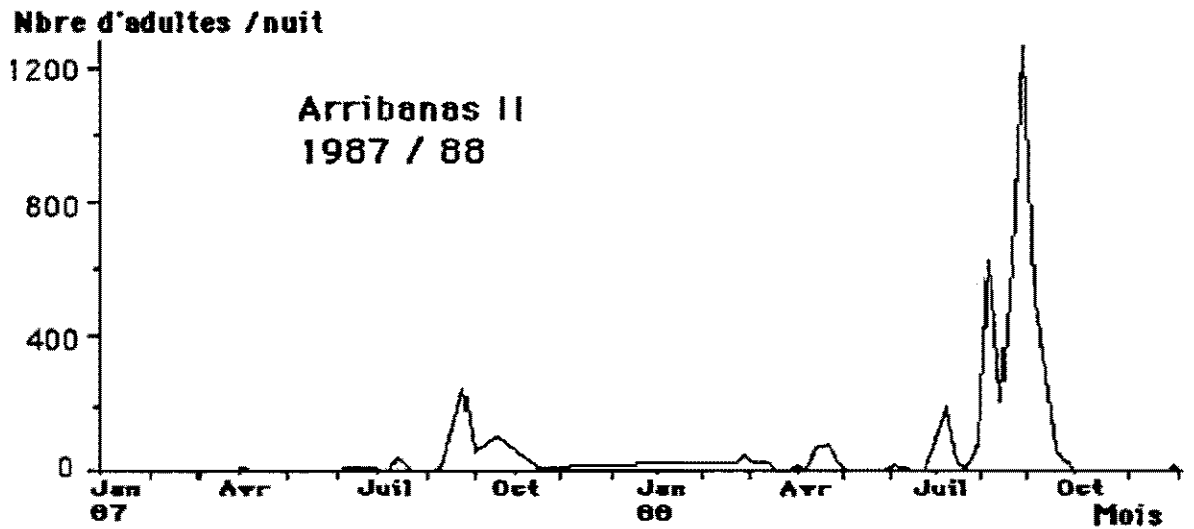


Figure 27: Capture d'adultes de *M. unipuncta* dans la localité de Arribanas en 1987 et 1988.

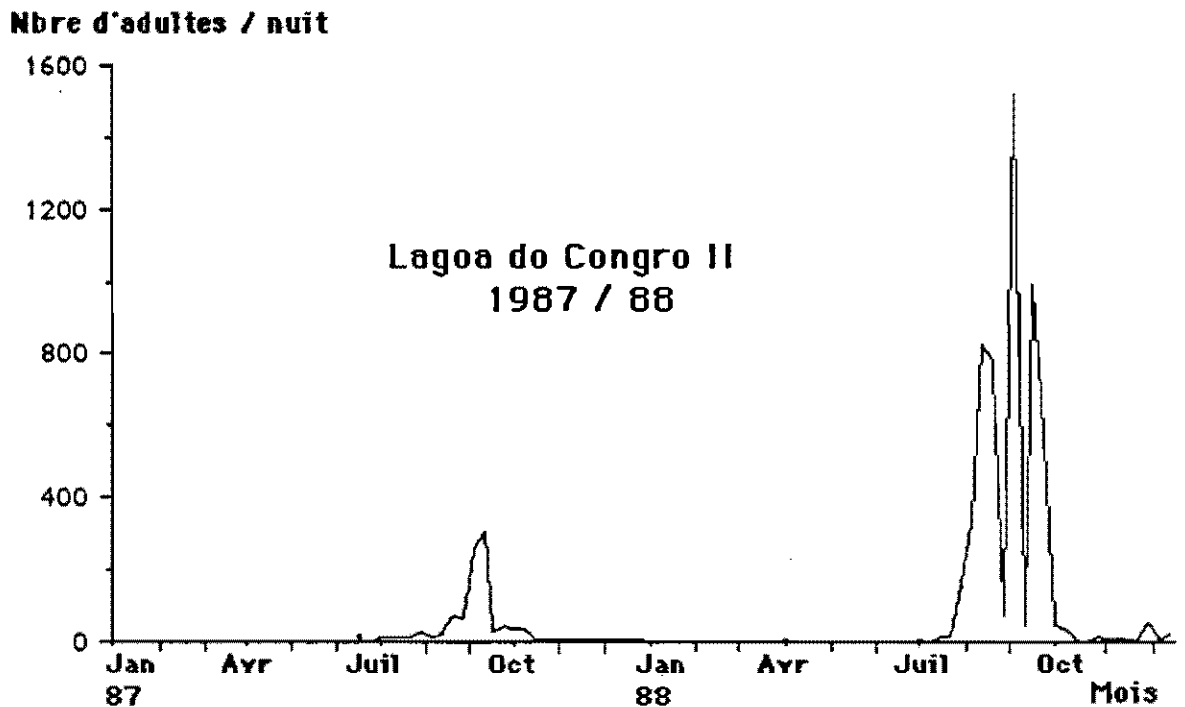


Figure 28: Capture d'adultes de *M. unipuncta* dans la localité de Lagoa do Congro en 1987 et 1988.

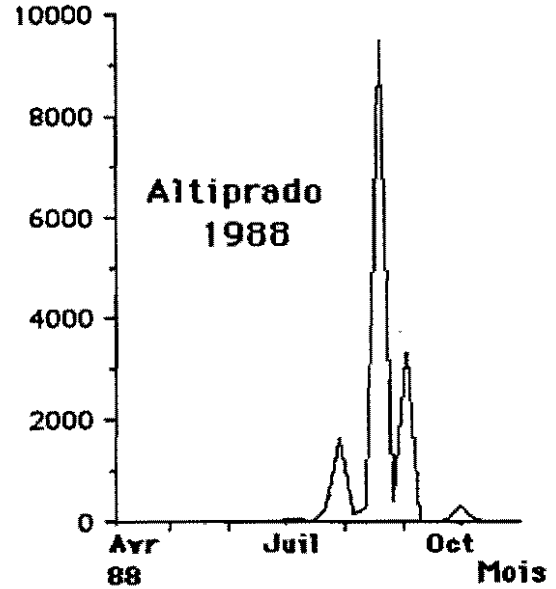
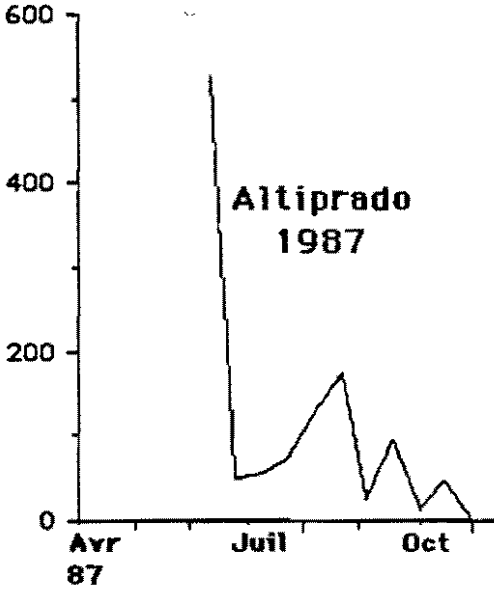
**Nbre d'adultes / nuit**

Figure 29: Captures d'adultes de *M. unipuncta* dans la localité d'Altiprado dès le début d'Avril à la fin d'Octobre de 1987 et 1988.

## (2) Résultats des piégeages sexuels

Les résultats préliminaires obtenus à Ribeirinha, avec la piège à entonnoir du Canada (fig. 30), comparés à ceux des pièges lumineux d'Altiprado-1988 (fig. 29), révèlent un pic de moins.

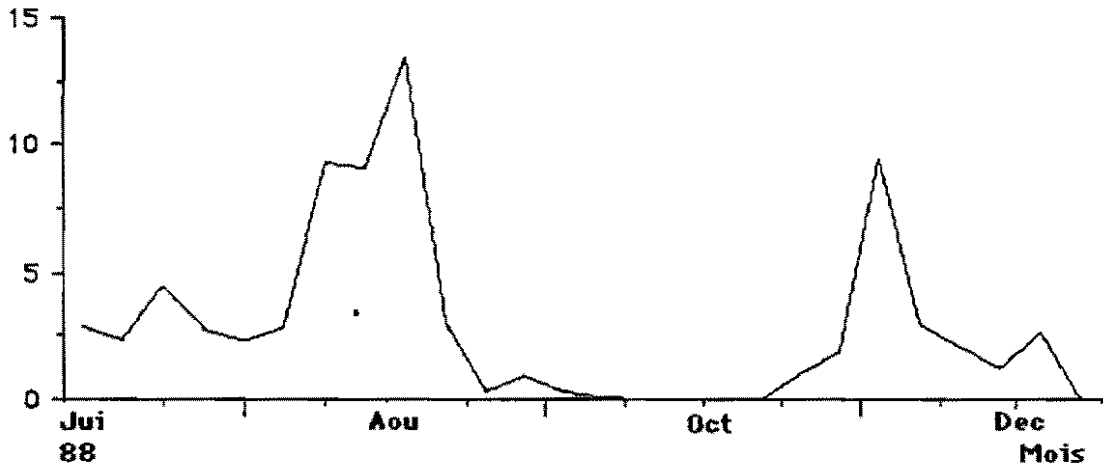
**Nbre de mâles / nuit**

Figure 30: Capture journalière des mâles de *M. unipuncta* dans un piège à entonnoir du Canada situé dans la localité de Ribeirinha, en 1988.

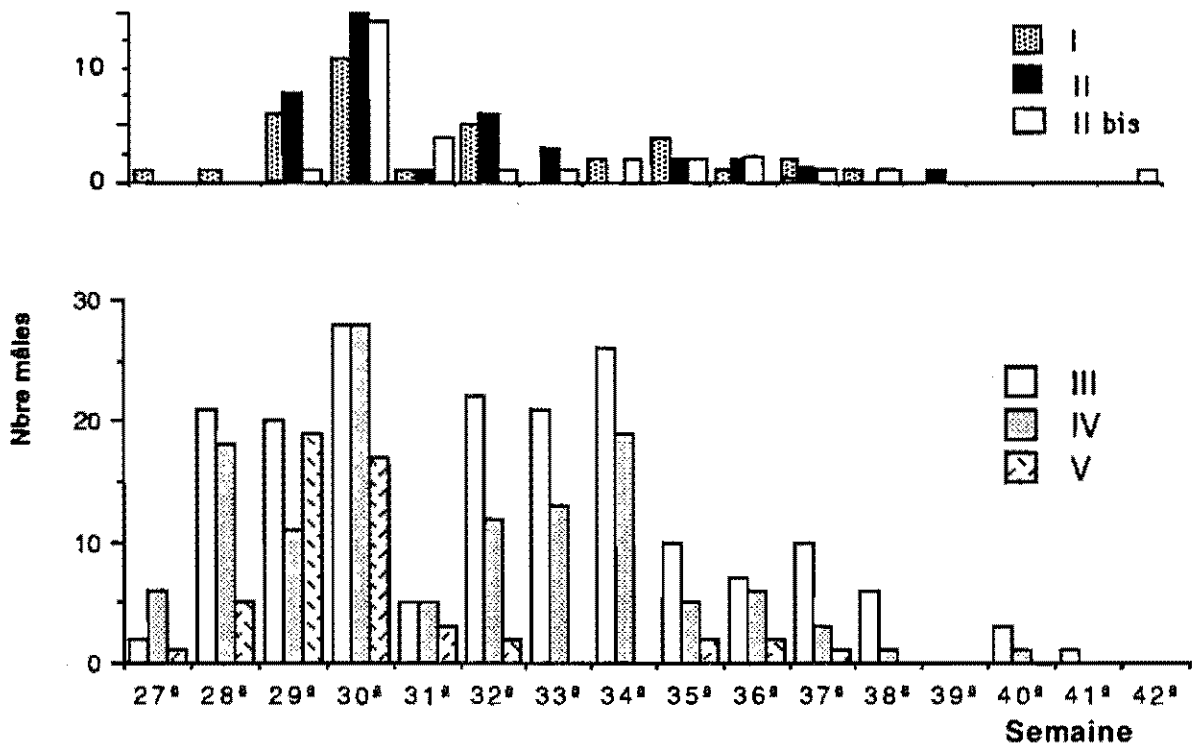
On voit fig. 30, 2 pics de captures l'un en Août et l'autre en Novembre. Il est à noter que le nombre d'adultes capturés par ce type de piège au moment des pics est 650 fois moindre que celui généralement obtenu par le piègeage lumineux d'Alti Prado. Cependant, des essais avec ce type de piègeage devront être poursuivis, afin d'évaluer les possibilités de cette méthode.

### (3) Résultats de la comparaison des compositions phéromonales

Durant les expérimentations (Juin à Novembre de 1988) à Lagoa do Congro le climat s'est maintenu généralement constant. Ainsi, pour la température, la moyenne fut  $15 \pm 2^\circ\text{C}$ , celle des maxima  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  et celle des minima  $9 \pm 2^\circ\text{C}$ . En ce qui concerne l'humidité relative elle s'est maintenue à un niveau assez élevée ( $\pm 95\%$ ). Il n'y a pas eu de pluie.

Pendant la période de l'essai, il y avait une population d'adultes de *M. unipuncta* relativement abondante, surtout durant les deux premières répétitions (83,4% des captures), qui correspondaient au 2ème vol du ravageur. À partir de la 38ème semaine, on observe une baisse de capture des papillons de *M. unipuncta*, qui semble indiquer la fin de la génération, ce qui est confirmé par les faibles captures au piège lumineux de Lagoa do Congro, installé à 400 mètres de distance.

D'après les captures (fig. 31), il semblerait que la simple présence du Z11 HDA, le HDA et le Z11HDol, où on a ajouté une forte dose de Z11 HDal (50 à 100  $\mu\text{g}$ ) ne soit pas la concentration idéale pour avoir une bonne attractivité sur les mâles et en conséquence une forte capture. Un meilleur résultat est obtenu si l'on ajoute du Z11 HDal au mélange, mais selon la dose moyenne de 0,99% (formulation III). On observe que c'est avec des quantités inférieures à 0,0999% (formulation IV), ou des quantités supérieures à 4,76% (formulations I et II) que les captures baissent significativement. L'action du DL  $\delta$ -tocophérol (formulation II bis) semble nulle. Cette substance ne présente donc aucune utilité dans la composition de la phéromone de synthèse.



**Figure 31:** *M. unipuncta*: mâles capturés hebdomadairement aux pièges sexuels à Lagoa do Congro, comportant les six formulations de phéromones sexuelles (I, II, IIbis, III, IV et V).

La confirmation de ces résultats est fournie par le test de Student (tab. 8), il montre que les formulations III et IV sont significativement différentes des autres formulations. La valeur de "t" la plus haute indique que la formulation III a l'attractivité la plus importante.

II	0.591				
IIbis	0.835	1.114			
III	4.438*	4.448*	4.363*		
IV	3.564*	3.554*	3.836*	3.363*	
V	1.093	0,964	1.268	3.867*	2.816*
	I	II	IIbis	III	IV

**Tableau 8:** Comparaison par le test "t" de six formulations d'attractifs sexuels, en fonction des captures de mâles de *M. unipuncta* aux pièges sexuels. (\* = Significative à  $P = 0.05$ ).

Ces résultats observés aux Açores sont venus confirmer la tendance déjà vérifiée au cours des travaux réalisés, par exemple, dans le Sud de la France par VIEIRA (1987). Il faut signaler que les tests de cet auteur ont eu lieu à une période tardive de l'année.

Nous constatons, comme BUES *et al* (1980) pour d'autres Noctuelles, que la spécificité de l'attractif sexuel n'est pas totale. Quelques individus d'autres espèces ont été piégés dont *Agrotis segetum* DENIS & SCHIF. et *Galgula partita* GUENÉE. Dans le Sud de la France VIEIRA (1987) a observé avec *M. unipuncta* : *Xestia xanthographa* DENIS & SCHIF., *Omphaloscelis lunosa* HAW., *Rhizedra lutosa* HUBNER, *Autographa gamma* L., *Macdunnoghia confusa* STEPHENS et *Chrisodeixis chalcites* ESPER.

Les résultats exposés ci-dessus mettent en évidence que la formulation III (tab.5) est la plus efficace et la plus spécifique pour les six attractifs sexuels étudiés, malgré tous les paramètres qui peuvent avoir influencé le piégeage sexuel des mâles de *M. unipuncta* comme: le rythme d'activité endogène (SOWER *et al*, 1970), l'état réceptif du mâle dépend du rythme nycthéral (TRAYNIER, 1970), les différents constituants de la phéromone qui n'ont pas d'incidences équivalentes sur le comportement sexuel du mâle (ROELOFS & CARDÉ, 1977), les périodes, les lieux de piégeage, la position des pièges sur le terrain, la température (TURGEON *et al*, 1983), le caractère migrant ou sédentaire (McNEIL, 1988), les niveaux des populations (TOUZEAU, 1979), l'émission de composés inhibiteurs des mouvements de la femelle lors de l'accouplement et ceux des mâles (HIRAI & SHOREY, 1978). FARINE (1982) n'ont pas modifié l'effet observé avec la formulation III.

## b) Les fluctuations des populations larvaires dans 7 biotopes

### (1) Localité de Remédios

Une première approche des fluctuations des populations larvaires de *M. unipuncta* (figs. 32) nous a été donnée dans un pâturage d'altitude moyenne de Remédios, en 1977 et 1978, mais la densité des chenilles ( $8/m^2$ ), étant inférieure au seuil économique d'attaque - 40 chenilles par  $m^2$  (GARCIA & TAVARES, 1977), ne nous a pas permis d'estimer les dégâts.

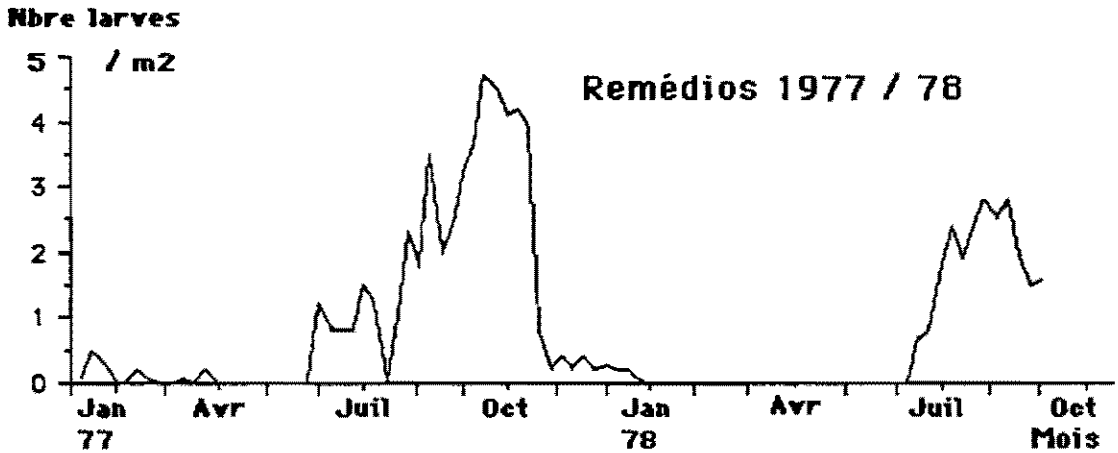


Figure 32: Fluctuations de la population larvaire de *M. unipuncta* dans la localité de Remédios en 1977 et 1978.

Les chenilles et les adultes sont plus abondants durant l'été et l'automne. Durant les autres saisons le nombre d'individus est très réduit, ne dépassant pas, dans la majorité des années, un individu par  $m^2$ . Ce nombre a été dépassé en Janvier 1982, phénomène vraisemblablement lié aux importantes populations observées durant la saison chaude de 1981 (fig. 33).

Selon la localité, il peut y avoir durant l'été et l'automne deux ou trois générations. Les générations se sont chevauchées en 1977 et 1978 et il ne fut pas possible de les isoler. Par contre, l'isolement entre les générations successives est net en 1981 et 1982 (fig. 33). Le niveau de ces générations pendant l'été et l'automne est croissant de 1977 à 1978 puis décroissant en 1981.

## (2) Localité de Cerrado dos Bezerros

Pendant la seconde période d'échantillonnage de la population larvaire à Remédios (1980 à 1982), des échantillons ont été pris dans la localité de Cerrado dos Bezerros (550 m d'altitude). Par rapport à ce qui a été dit pour la localité de Remédios, le niveau de la population pendant toute l'année est plus élevé à Cerrado dos Bezerros qu'à Remédios (figs. 33 et 34).

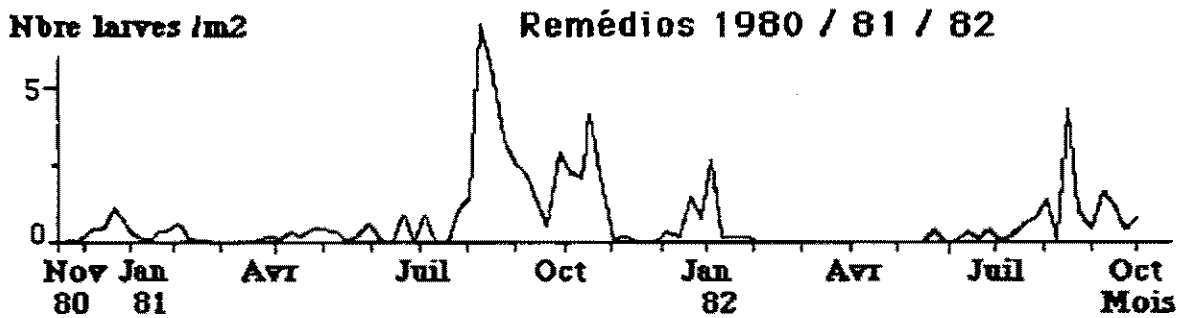


Figure 33: Fluctuations des populations larvaires de *M. unipuncta* dans la localité de Remédios pendant 1980, 1981 et 1982.

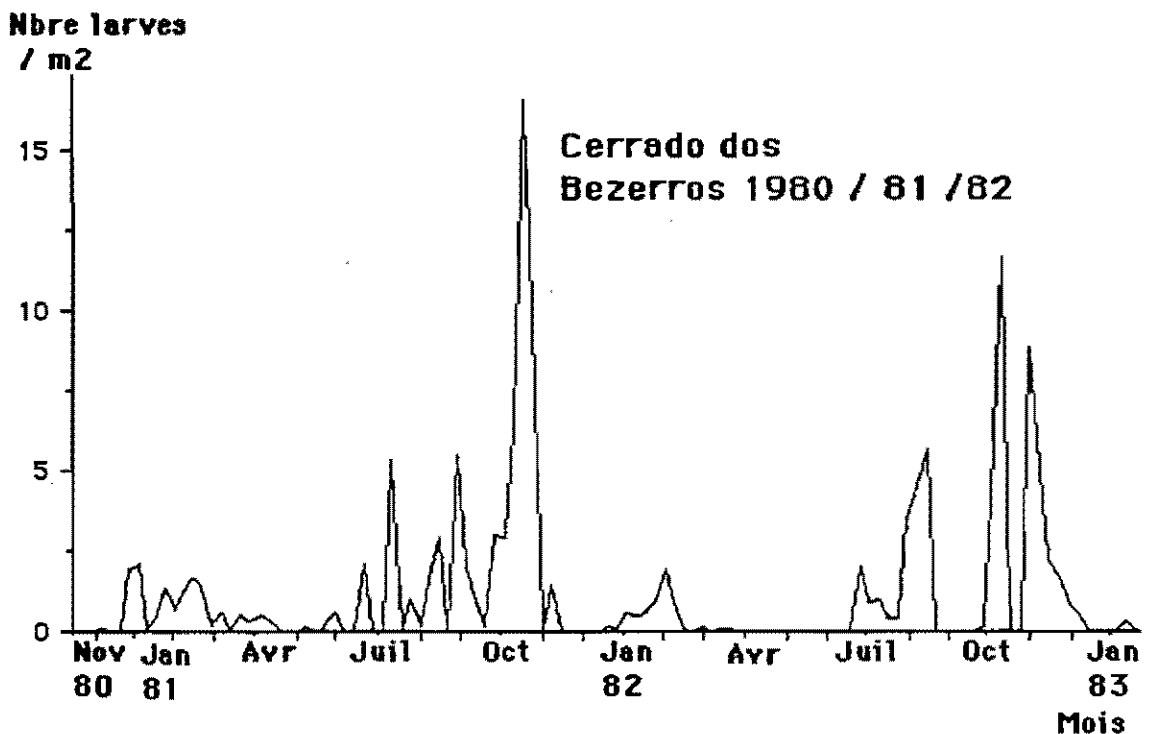


Figure 34: Fluctuations des populations larvaires de *M. unipuncta* dans la localité de Cerrado dos Bezerros en 1980, 1981 et 1982.

Ainsi, à la fin du mois d'Octobre la densité de chenilles par  $m^2$  a été plus que doublé par rapport à celle de Remédios (17 larves /  $m^2$ ). La comparaison des populations des deux localités, durant l'été 1981, souligne la variabilité du comportement des populations larvaires de *M. unipuncta*. Les populations diminuent en effet avec le temps à Remédios et augmentent à Cerrado dos Bezerros.

En ce qui concerne les populations larvaires en 1982, nous pouvons observer que les pics sont très semblables dans leur répartition dans le temps. Ils ont en outre

certaines particularités: comme pour les adultes, la localité la plus élevée en altitude présente des populations plus tardives par rapport à l'autre station d'altitude moyenne. À Cerrado dos Bezerros il n'a pu être observé de populations de chenilles au cours du mois de Septembre. Ce fait sera aussi observé en 1982 dans une autre station, celle de Relva.

### (3) Localités de Feteiras et Relva

Les résultats observés à Feteiras (75 m d'altitude), en 1981, sont proches de ceux déjà décrits, en 1982, pour Remédios. On y vérifie à nouveau l'importance du facteur altitude. La population y apparaît abondante dès le mois de Juin (fig. 35).

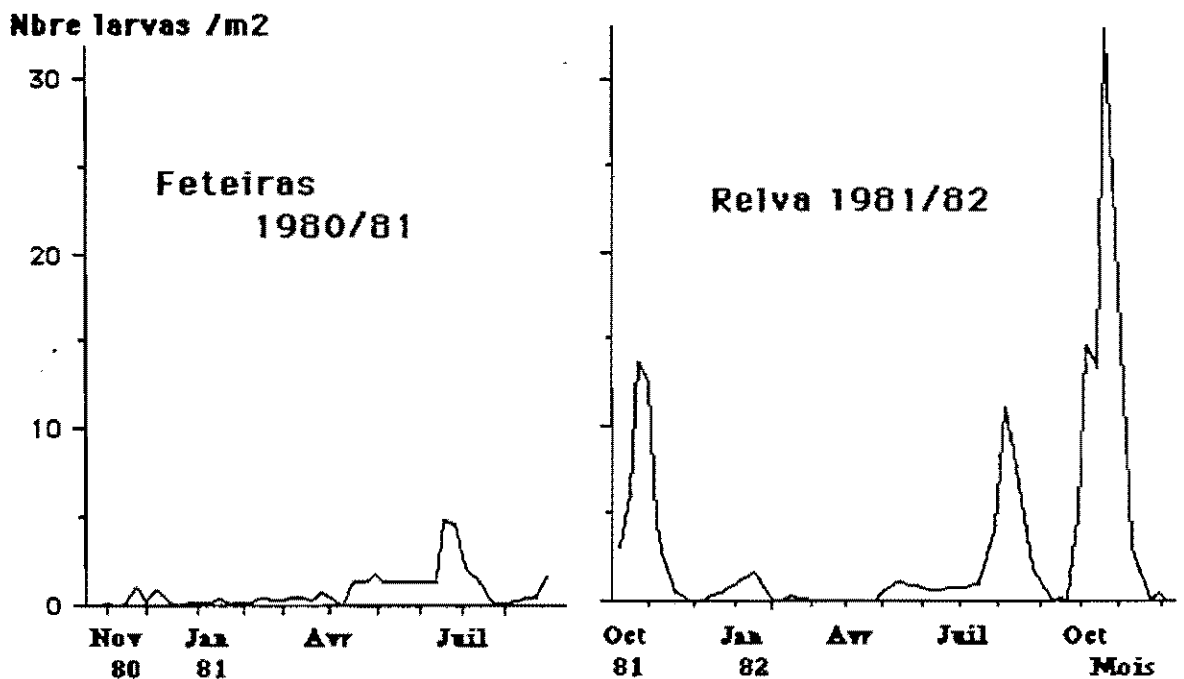


Figure 35: Fluctuations des populations larvaires de *M. unipuncta* dans les localités de Feteiras (Nov 80 à Oct 81) et de Relva (Oct 81 à Oct 82).

Vers la fin d'Octobre 1981, le propriétaire de la prairie expérimentale de Feteiras l'a labouré. Cela nous a obligé à travailler sur une autre parcelle située à Relva, celle-ci à 250 mètres d'altitude, afin de poursuivre les observations dans cette zone (fig. 35). C'est à Relva que nous avons trouvé, en 1982, les niveaux de population les plus élevés. La densité par  $m^2$  a dépassé 30 chenilles au mois de Novembre. La distribution des chenilles à Relva s'est effectuée selon deux pics bien définis, le premier au mois d'Août et le deuxième, très accusé, au mois de Novembre.

## (4) Localité de Achada das Furnas

Des échantillonnages larvaires en altitude ont été réalisés en 1983 (fig. 36), dans une parcelle qui a subi de fortes attaques de *M. unipuncta* l'année précédente. Ici, l'absence des larves en hiver et au printemps est très nette mais à partir du mois de Septembre et durant un mois et demi, les populations larvaires atteignent 30 individus / m<sup>2</sup>.

A partir d'Octobre 1983 et durant un an on n'a pas relevé de larves dans ces localités, confirmant ainsi que les populations de *M. unipuncta* en altitude peuvent être dépendantes de l'apport d'individus des populations des pâturages de basse altitude. On considère ces populations du ravageur comme appartenant au type temporaire.

## (5) Localité de Arribanas I

À la demande des Services Vétérinaires de l'île de São Miguel en 1983, on a suivi aussi les populations larvaires de *M. unipuncta* dans un pâturage de moyenne altitude -Arribanas I (fig. 37).

Dans cette localité il n'y a pratiquement pas eu de populations larvaires durant l'hiver et le printemps. Ce n'est qu'à partir de Juillet 1983, qu'on a observé une augmentation des populations. Le seuil économique d'attaque du ravageur ayant été atteint, on a été amené à traiter la parcelle avec du Trichlorfon. L'effet du pesticide s'est maintenu quelque temps et c'est seulement à la fin du mois d'Octobre que les niveaux de la population ont augmenté, se situant autour de 15 individus par m<sup>2</sup>.

## (6) Localités de Arribanas II et Lagoa do Congro

L'échantillonnage des stades larvaires a pu être suivi dans ces deux localités du fin 1985 à 1988. Il nous a montré de manière plus claire l'hétérogénéité des populations de *M. unipuncta* par parcelle et confirmé les faibles populations larvaires durant l'hiver et le printemps. La génération la plus abondante à Arribanas (fig. 38) est la première et, toutes

celles qui suivent vont en décroissant. Il en est de même pour la station de Lagoa do Congro en 1986 (fig. 39).

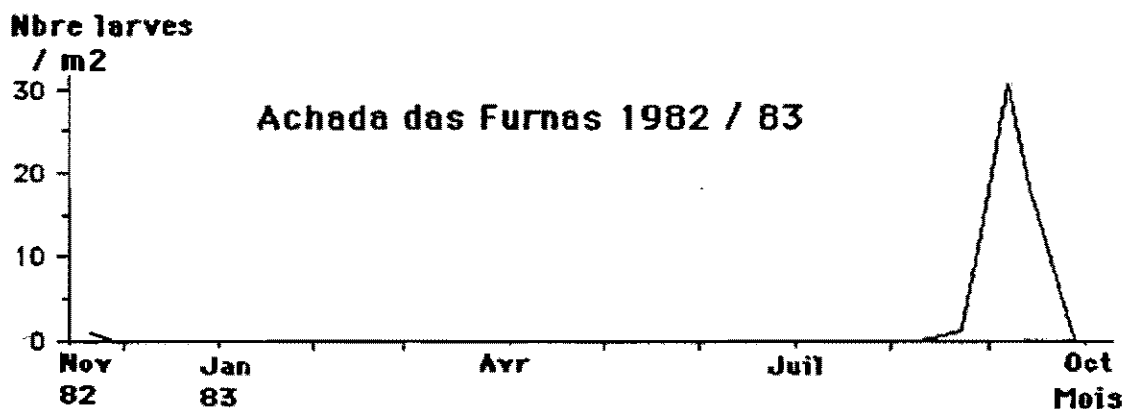


Figure 36: Fluctuations des populations larvaires de *M. unipuncta* dans la localité d'Achada das Furnas en 1983.

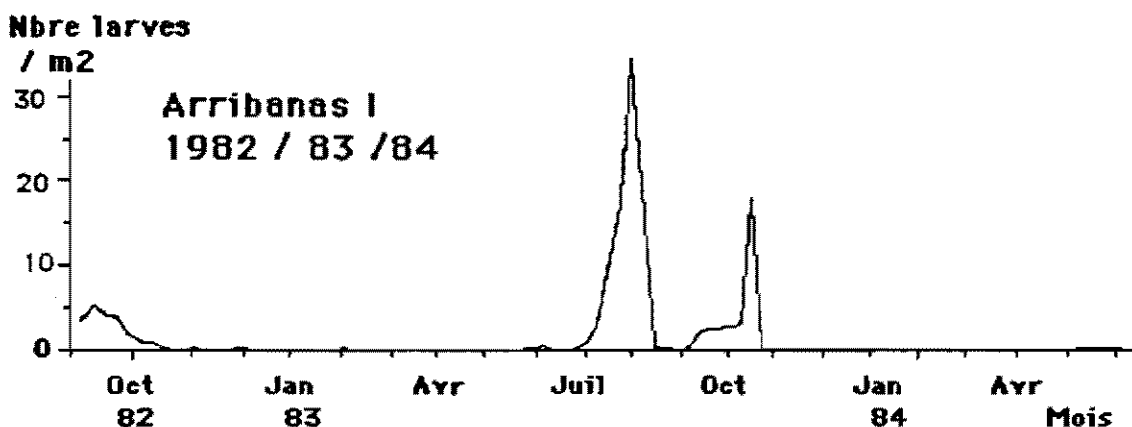


Figure 37: Fluctuations des populations larvaires de *M. unipuncta* dans la localité d'Arribanas de 1982 à 1984.

On a observé dans ces deux localités, situées respectivement en moyenne et haute altitude, des valeurs brutes d'individus/m<sup>2</sup> très semblables. En 1986, nous avons enregistré à Lagoa do Congro le record des densités larvaires observées jusqu'au présent. Dans les deux localités le nombre d'individus a dépassé 70, lors de la première génération avec pour conséquence l'obligation de mesures de lutte à Lagoa do Congro (traitement aux Trichlorfon). À Arribanas on a laissé intervenir les ennemis naturels, comme *Apanteles militaris* WALSH. (Hym., Braconidae). À Lagoa do Congro d'autres interventions chimiques ont été nécessaires, ce qui ne fut pas le cas à Arribanas.

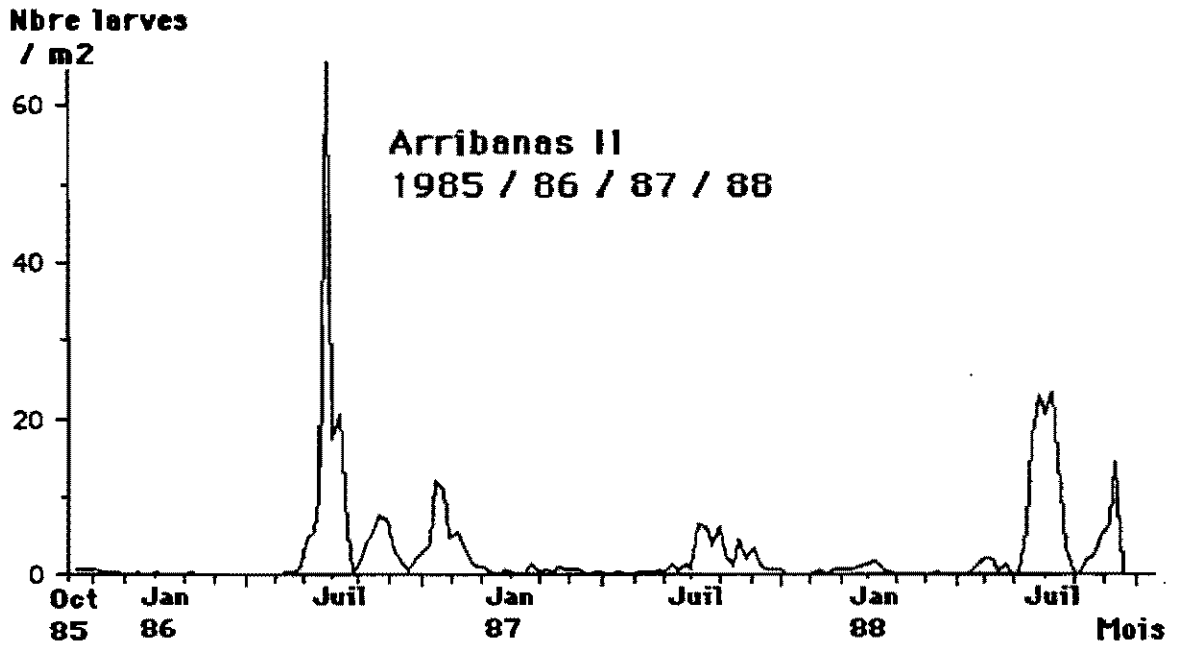


Figure 38: Fluctuations des populations larvaires de *M. unipuncta* dans la localité de Arribanas de 1985 à la fin de 1988.

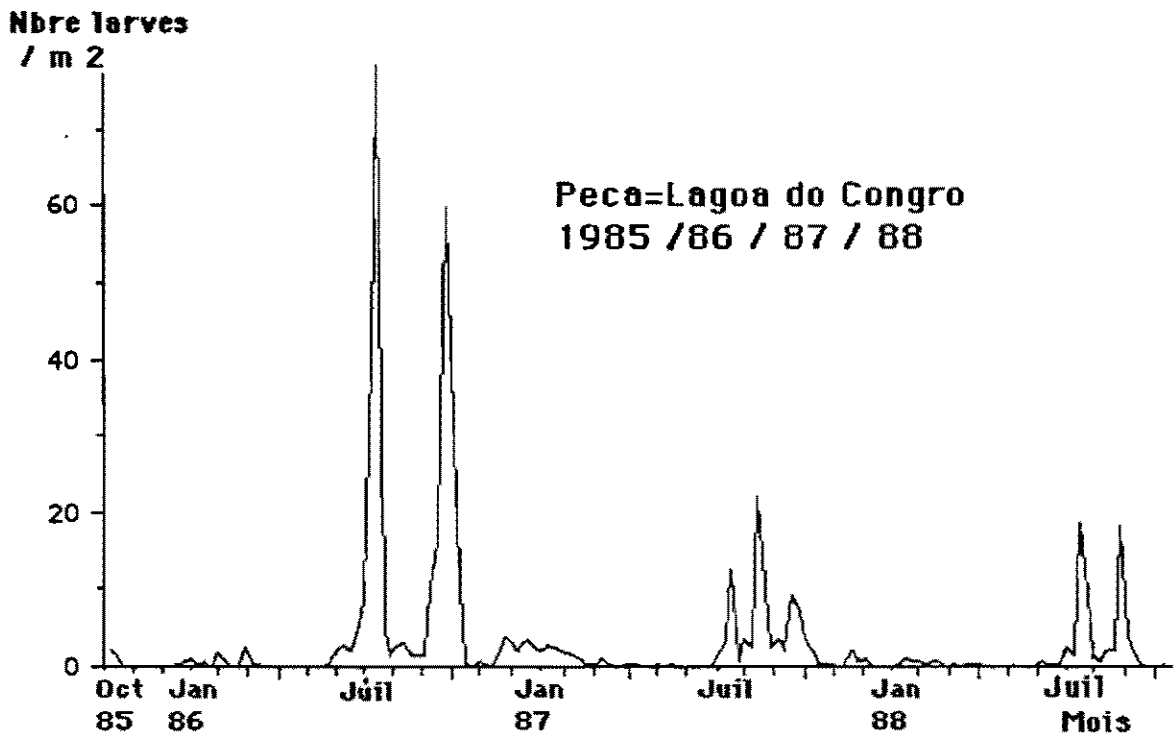


Figure 39: Fluctuations des populations larvaires de *M. unipuncta* dans la localité de Peca=Lagoa do Congro de 1985 à la fin de 1988.

Les Services Agricoles ont traité, dès la fin Juin 1987, toutes les parcelles de Lagoa do Congro entraînant une chute des populations (fig. 37). À Arribanas, par contre, il y a eu un contrôle naturel dû principalement au parasite larvaire *A. militaris* (fig. 72).

Nos investigations ont montré que le seuil économique tolérable des attaques a souvent été dépassé entraînant l'obligation de traiter, mais jamais nous n'avons observé des infestations comparables à celles décrites par: FLINT, 1854; PUTTARURRIAH & USMAN, 1957; GUPPY, 1961; ALAM, 1961; YATHOM, 1966; ATANAS & ABDULLA, 1968; ANGLADE, 1968; BIBOLINI, 1970; CAYROL, 1972; BARBULESCU, 1974; IRSHENKO, 1974; HEMMERLÈ *et al.*, 1981.

### c) Hétérogénéité des fluctuations de populations larvaires

Afin d'étudier l'hétérogénéité des populations il était souhaitable de se situer dans une même région et d'y installer de nombreuses stations. Grâce à un contrat passé avec la Société Agricole des Açores - Altiprado située à Achada das Furnas en 1987, nous avons pu implanter dans cette zone six stations (1 à 6) qui ont été suivies durant la période où l'insecte provoque habituellement des dégâts, c'est-à-dire de Mai à fin d'Octobre de 1987. Cet essai a été répété en 1988.

#### (1) Populations au stade larvaire

En 1987, l'échantillonnage larvaire de *M. unipuncta* s'est montré très homogène dans les six stations. Jusqu'au mois de Juin le nombre de chenilles /m<sup>2</sup> est très faible, il s'accroît dès Juillet. Les deux générations sont bien séparées (fig. 40).

La période de temps couverte par les chenilles lors de la première génération est à peu près de 45 jours et d'environ 60 jours lors de la seconde.

Le nombre d'individus /m<sup>2</sup> n'a pas dépassé 20 dans la première station, 15 dans la 4ème et 11 dans les 4 autres stations. Il n'a pas été nécessaire d'utiliser des méthodes de lutte.

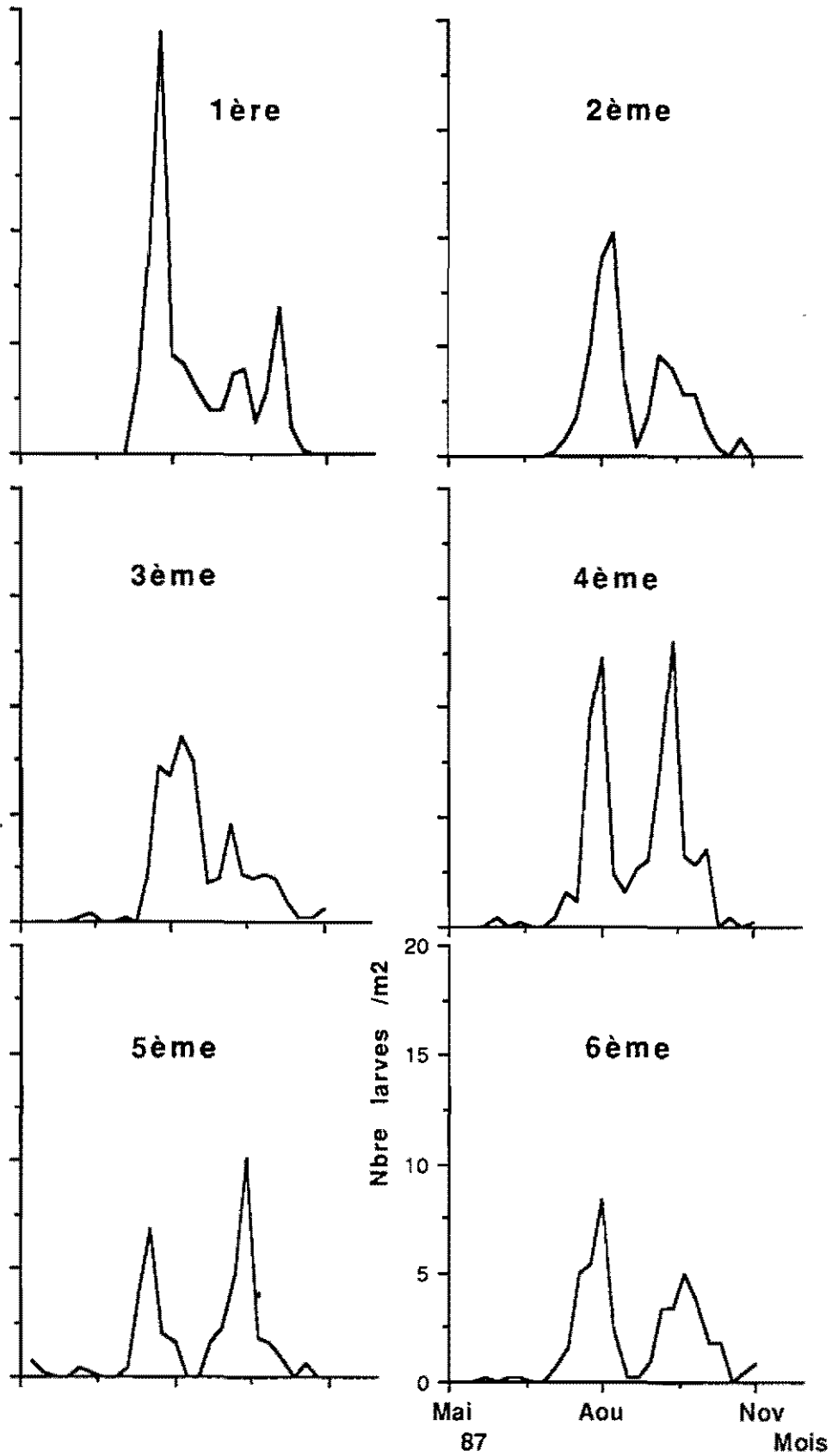


Figure 40: Hétérogénéité des populations larvaires de *M. unipuncta* dans six stations (1 à 6), à Achada das Furnas - Altiprado, 1987.

En 1988 (fig. 41), nous retrouvons une grande partie des résultats obtenus en 1987: générations bien séparées, à l'exception de la station 6, où le nombre d'individus entre la fin de la première génération et le début de la deuxième s'est maintenu à près de trois chenilles /m<sup>2</sup>. On observe une abondance de chenilles dans les stations 1, 5 et 6, comparable à celle de 1987.

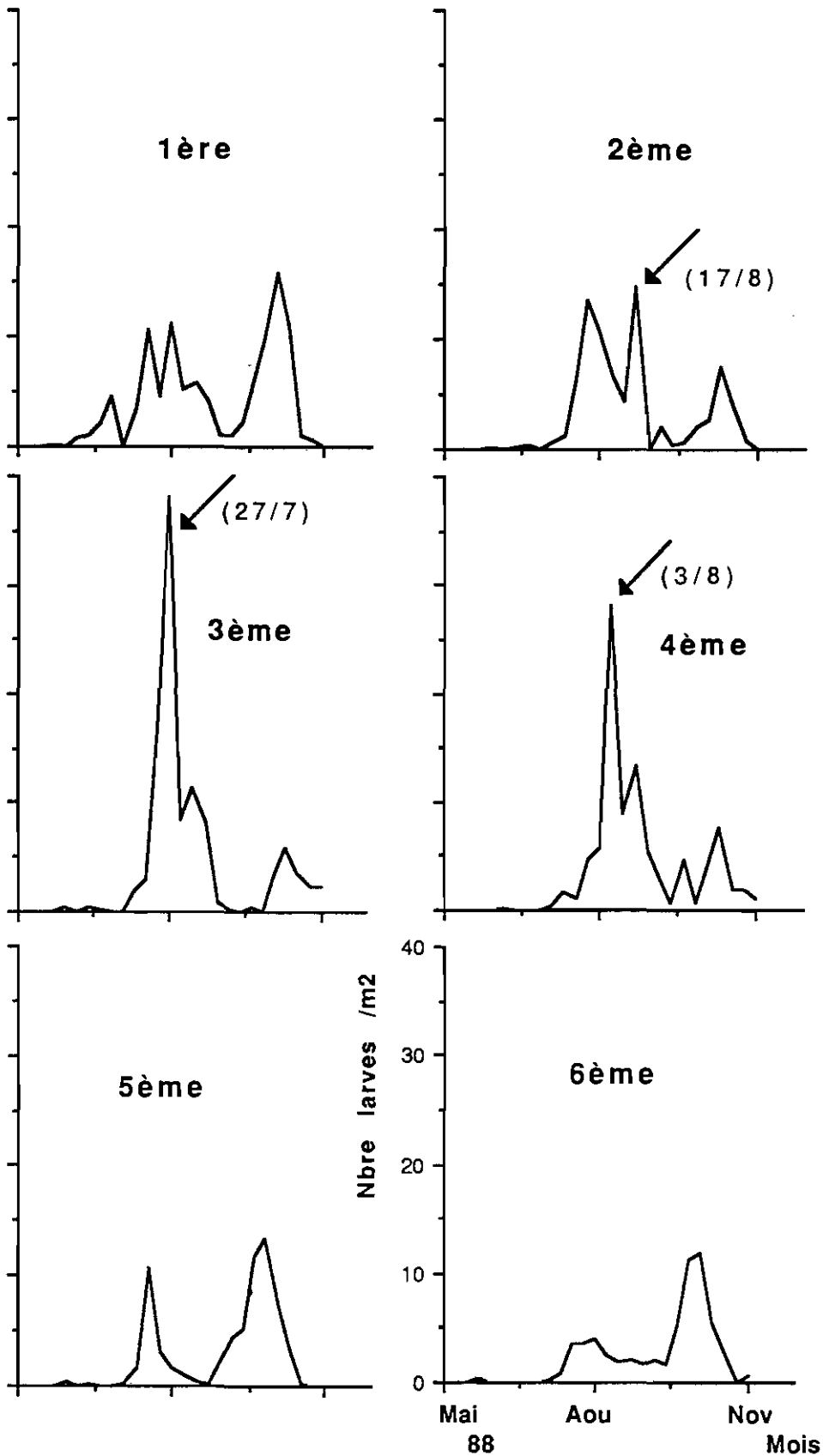
Par contre, dans les stations 2, 3 et 4 le nombre d'individus a dépassé, dès la première génération, le seuil économique d'attaque et l'on a été obligé de faire appel à des traitements chimiques.

L'abondance des individus, au cours de la deuxième génération, a été encore plus forte, comme le montrent les parcelles 1, 5 et 6 non traitées où les dégâts ont été tels que deux coupes de végétation, aliment essentiel pour le bétail, furent perdues. Dans les parcelles 2, 3 et 4, grâce aux mesures de lutte, on a limité les populations larvaires à des niveaux très bas et, par conséquent, lors de la deuxième génération l'abondance des chenilles par unité de surface a été divisée par 2 par rapport à celle des peuplements de la première.

La relative homogénéité des peuplements larvaires de *M. unipuncta* en 1987 et l'hétérogénéité observées en 1988, observée au niveaux de six stations, résumant bien la complexité bioécologique de ce ravageur aux Açores, et confirment le caractère cyclique de ses populations, opinion partagée d'ailleurs par différents auteurs (BREELAND, 1958; GUPPY, 1961; GARCIA & TAVARES, 1977; McNEIL & TURGEON, 1982; ANUNCIADA, 1984; BUES *et al.*, 1986).

## (2) Comparaison des peuplements imaginaux et larvaires.

Dans le cas de l'échantillonnage des chenilles on récolte en une seule prise instantanée une faune précise et limitée. En revanche, dans le cas des captures d'adultes on récolte un certain pourcentage d'individus d'une foule errante, fluctuante en fonction de



**Figure 41:** Hétérogénéité des populations larvaires de *M. unipuncta* dans les six stations (1 à 6), d'Achada das Furnas en 1988, avec indication du moment des traitements insecticides. (▲ Date de traitement insecticide).

divers facteurs biotiques et abiotiques; il est donc difficile de relier entre elles ces deux méthodes d'échantillonnage. Cependant, si l'on tient compte des courbes de capture des adultes et de la densité des chenilles dans de mêmes endroits et périodes, comme c'est le cas pour les stations de Arribanas, Lagoa do Congro et Altiprado en 1987 et 1988 (fig. 42), on peut voir qu'il existe une relation entre les deux stades de l'insecte. Cette relation découle du cycle biologique de *M. unipuncta* et des facteurs de l'environnement au cours de la génération printanière, où le niveau de la population atteint par les descendants de la première génération, influence le niveau des populations suivantes.

On a vu que le niveau des peuplements larvaires et adultes du ravageur en 1987 était peu élevé. La faible densité des larves a eu pour conséquence une faible capture d'adultes (550 papillons/nuit à Altiprado et 250 à Congro et Arribanas).

En 1988, le niveau des peuplements larvaires a atteint des valeurs assez élevées dès la première génération pour diminuer progressivement lors des générations suivantes, pendant l'été et l'automne. Par contre, les populations d'adultes capturées dans les pièges ont augmenté entre le premier et le deuxième pic, doublant à la station de Arribanas et Congro et quadruplant à Altiprado. Bien que le troisième pic ait à nouveau baissé il s'est maintenu à des valeurs plus élevées que celui du premier pic d'été. On voit par conséquent que les populations d'adultes ne suivent pas forcément les peuplements des chenilles.

Les raisons de cette dynamique sont diverses. Par exemple, la température et la photophase vont en décroissant dès le mois d'Août aux Açores (respectivement, fig. 10 et 16), provoquant, avec l'élévation des précipitations (fig. 12), une augmentation des pourcentages de mortalité de *M. unipuncta* (GUPPY, 1969), fig. 43.

*M. unipuncta* a des mécanismes d'abondance et survie comme, par exemple, l'augmentation du pourcentage d'éclosion des oeufs (fig. 44) compensé, par ailleurs, par l'action des auxiliaires qui va être très intense: parasites et prédateurs se nourrissant des stades les plus accessibles, c'est-à-dire, l'oeuf et les larves.

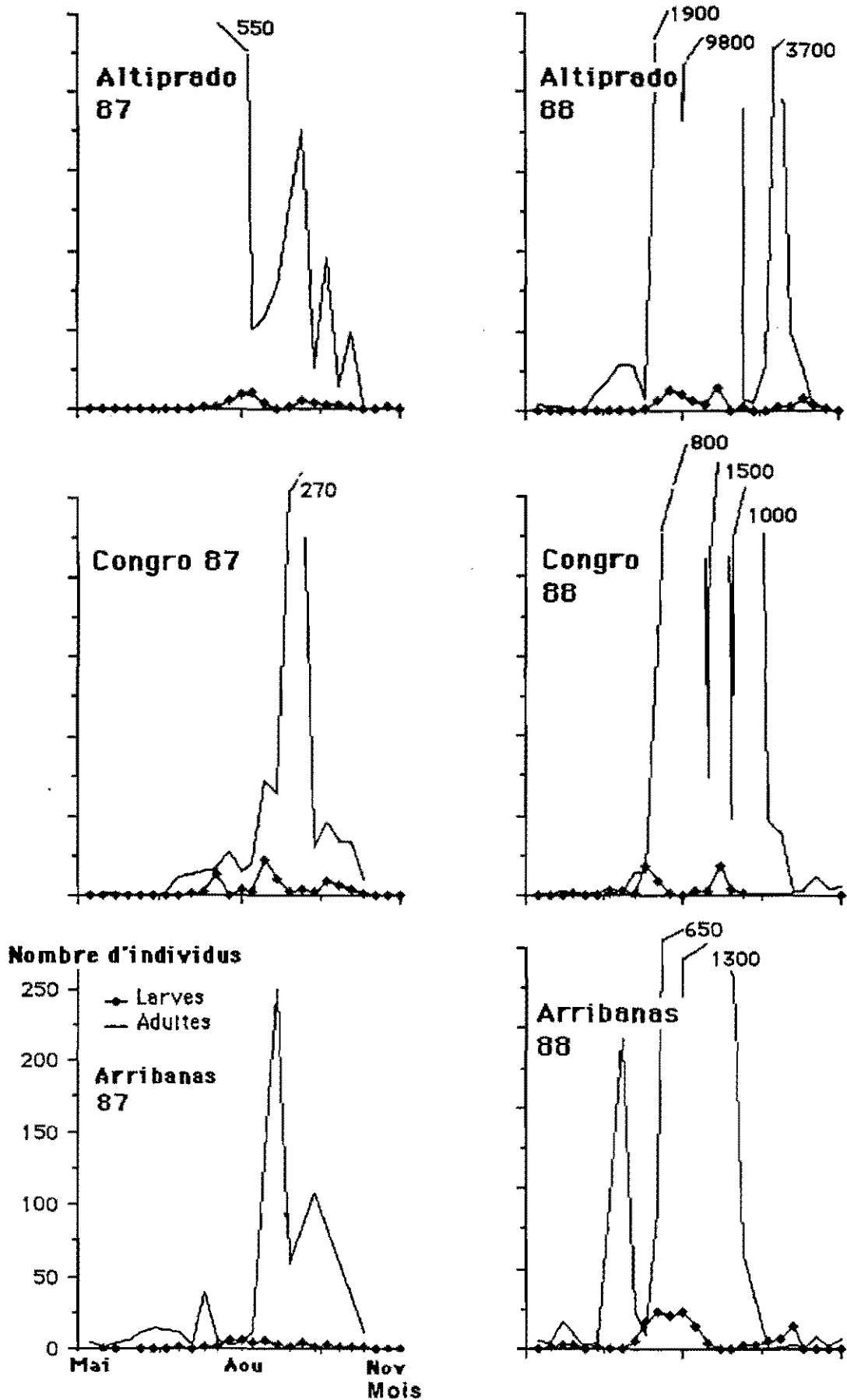


Figure 42: Peuplements comparés de *M. unipuncta* au stade larvaire (densité/m<sup>2</sup>) et au stade imaginal (nombre d'individus/nuit) capturés dans les pièges lumineux à différentes localités.

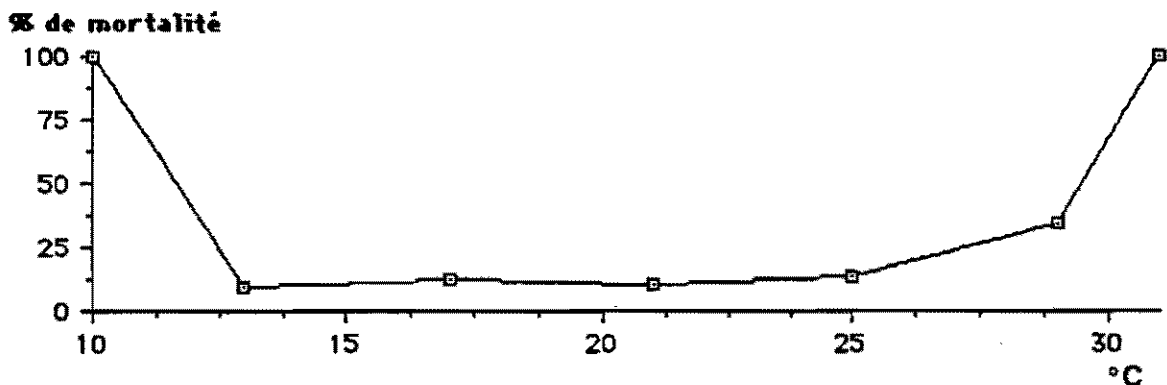


Figure 43: Pourcentage de mortalité du stade larvaire de *M. unipuncta* à différentes températures selon GUPPY (1969).

### (3) Nombre de générations annuelles

Une génération correspond à l'ensemble des individus qui sont nés en même temps ou bien, d'une façon plus large, qui sont nés la même année dans un certain délai de temps en considérant les groupes d'individus qui ont vécu simultanément un même événement original, mais qui n'ont pas forcément le même mode de développement.

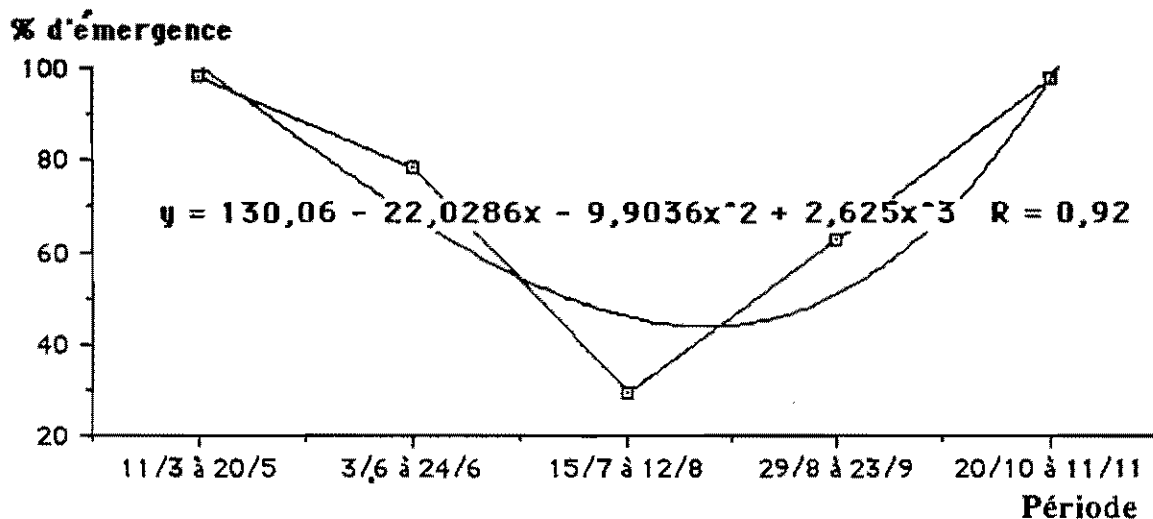


Figure 44: Pourcentage d'émergence des oeufs de *M. unipuncta* dans les conditions de l'environnement, selon BREELAND (1958), et analyse de la courbe polynomiale.

En tant qu'insecte plurivoltin (CAYROL *et al.* 1974), le nombre de générations par an de *M. unipuncta* est variable selon les caractéristiques climatiques de la région.

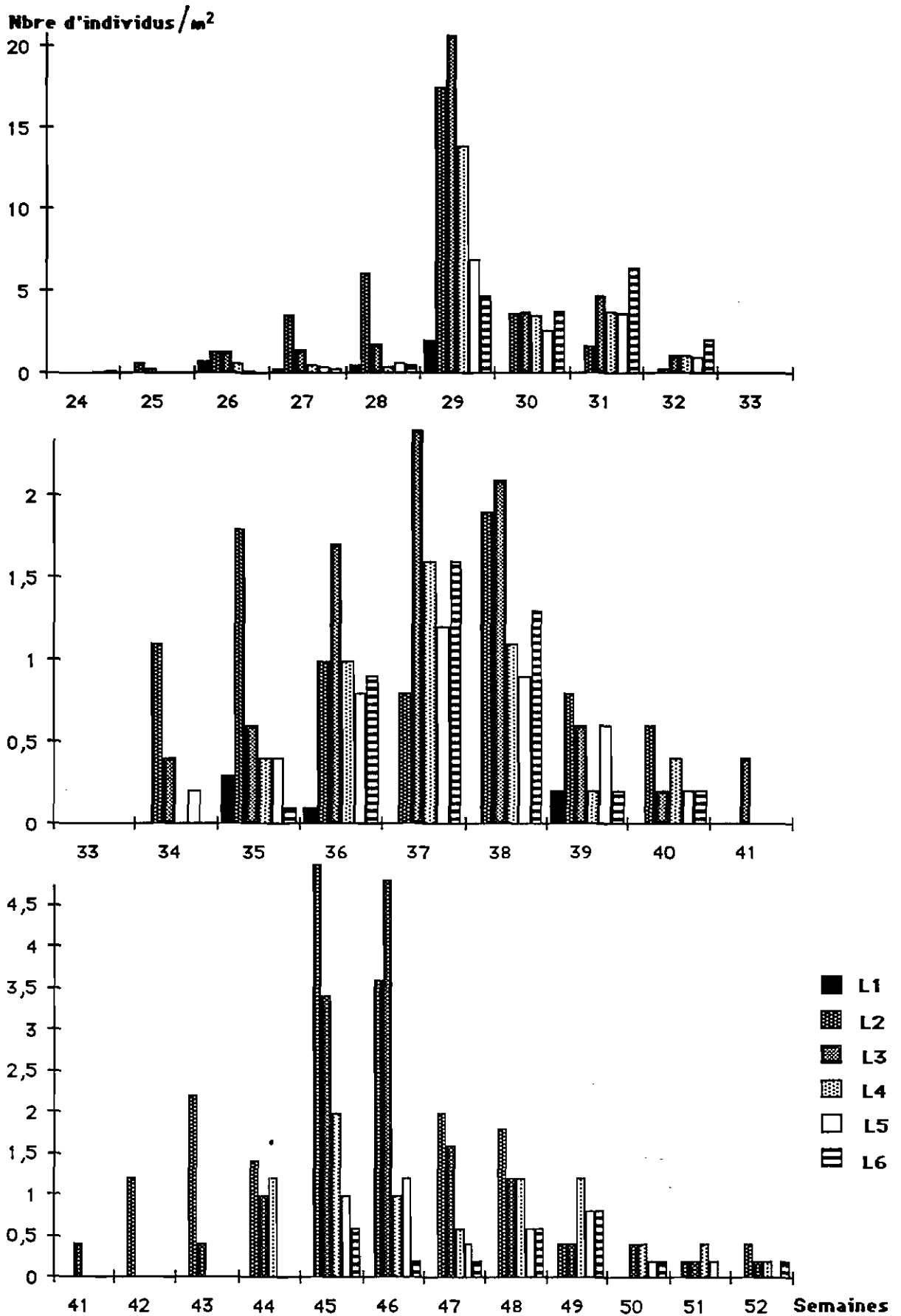
Ainsi, au Canada (GIBSON, 1915), dans le nord de la Chine (LIN & CHENG, 1958), dans la région de Vladivostok (ENGEL'HARDT, 1929), en Corée (NAKAYAMA, 1929), l'insecte a deux générations. En Illinois (FLINT, 1920), dans le centre des Etats-Unis (WALKDEN, 1943) et en France (ANGLADE, 1968), *M. unipuncta* a trois générations, au Tennessee (MARCOVITCH, 1957) cinq, et à Kouang-Toung six d'après CHU (1938) et huit d'après LIN & CHENG (1958).

Aux Açores, les populations de *M. unipuncta* sont très hétérogènes. Pour obtenir des informations concernant le nombre de générations annuelles, on est obligé de procéder, au sein des populations larvaires, à des échantillonnages nombreux et étalés dans le temps au sein des peuplements larvaires. Il en est ainsi si l'on considère deux exemples: Arribanas et Lagoa do Congro en 1986. En partant du principe que *M. unipuncta* a six stades larvaires (L<sub>1</sub> à L<sub>6</sub>), on s'aperçoit que par la simple analyse de distribution de fréquences de la population aux différents stades larvaires (les résultats étant regroupés par semaines), on met bien en évidence la succession des générations tout au long de l'année et surtout pendant les saisons estivales et automnales (figs. 45 et 46).

Les premiers adultes de *M. unipuncta* proviennent des individus qui ont passé l'hiver et le printemps en quiescence, aux stades pré-imaginaux. À Arribanas, en 1986, la génération qui donnera le 1<sup>er</sup> vol a commencé pendant le mois de Juin. À Congro cette même génération prend un peu de retard du fait de l'altitude de cette station (250m plus élevée qu'Arribanas).

La deuxième génération a commencé dans la première localité à la fin du mois d'Août et à Congro durant le mois suivant. Au fur et à mesure que l'on avance dans le temps, le retard pris à Congro augmente. Finalement, la troisième génération débute au mois d'Octobre à Arribanas et un mois plus tard à Congro.

La durée des générations est plus longue à Congro qu'à Arribanas, de 2 à 3 semaines pour les générations d'été, de 4 semaines pour la 3<sup>ème</sup> génération qui couvre ainsi dans cette station toute la période hivernale.



**Figura 45:** Hétérogénéité des stades larvaires (L<sub>1</sub> à L<sub>6</sub>) de *M. unipuncta* durant 3 générations dans la localité d'Arribanas-1986.

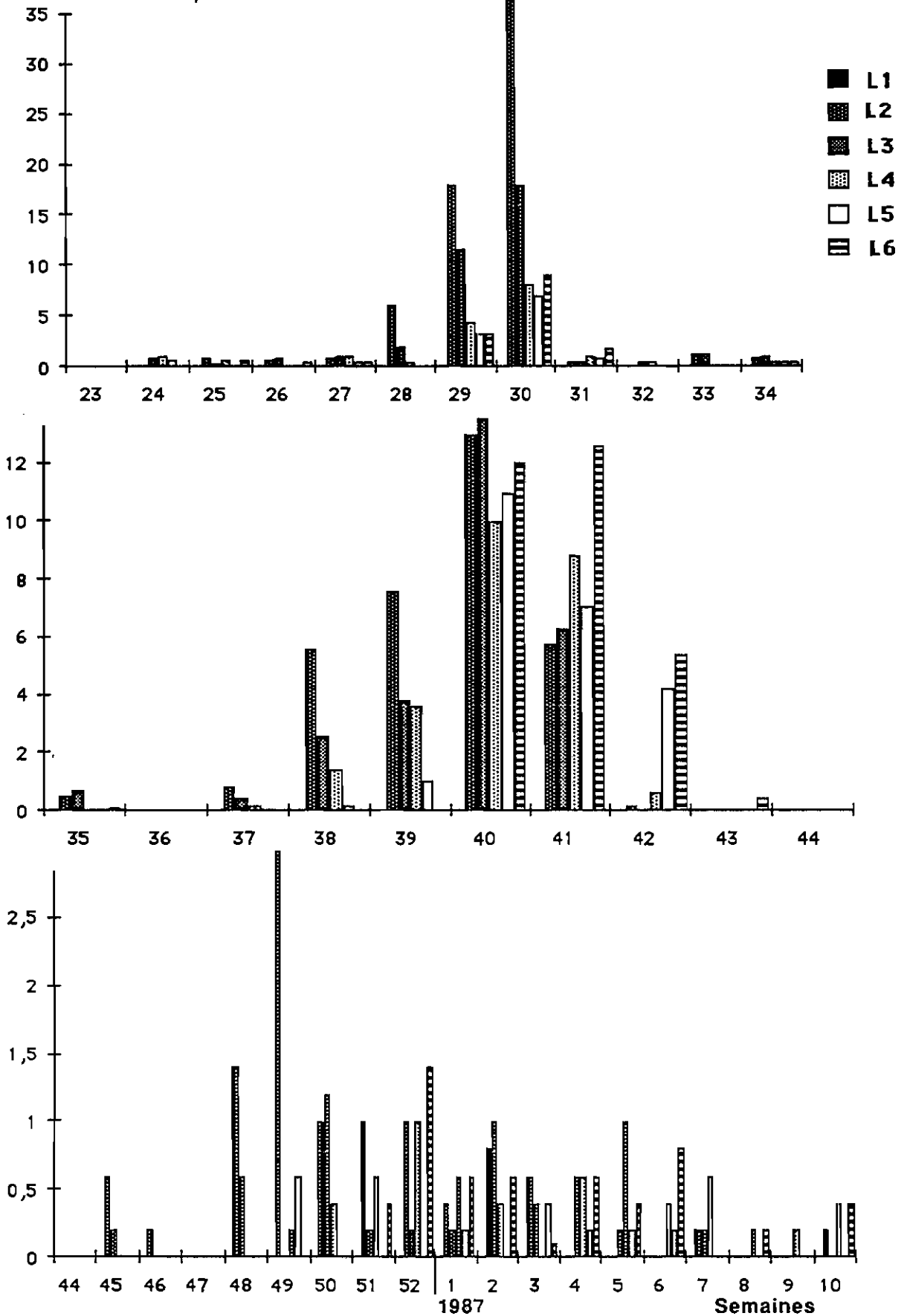
Nbre d'individus/m<sup>2</sup>

Figure 46: Hétérogénéité des stades larvaires (L<sub>1</sub> à L<sub>6</sub>) de *M. unipuncta* dans la localité de Lagoa do Congo en 1986/87.

## (4) Chevauchement des différents stades du développement

En ce qui concerne la proportion de chacun des stades larvaires à chaque génération, on voit dans les deux localités considérées (figs. 45 et 46), qu'il existe un fait marquant dans la distribution, c'est la concentration des fréquences (situées au milieu des figures), et qui correspond à peu près au point médian de l'abondance de chaque génération. Cette tendance centrale est caractéristique et nous donne confiance dans l'échantillonnage (SNEDECOR & COCHRAN, 1957). L'autre fait intéressant est la symétrie de la distribution, la plus grande fréquence étant au centre, décroissant progressivement vers les extrémités.

D'autre part, a une régularité dans la distribution de chaque stade larvaire, surtout L<sub>2</sub> à L<sub>6</sub> (le premier stade ayant des dimensions réduites), s'avère plus difficile à échantillonner. Les stades plus jeunes (L<sub>2</sub> à L<sub>3</sub>) sont représentés surtout dans la première moitié de l'histogramme de chaque génération, les stades plus avancés (L<sub>4</sub> à L<sub>6</sub>) dans l'autre moitié.

Le fait le plus remarquable est de trouver des stades larvaires jeunes (L<sub>2</sub> et L<sub>3</sub>), pendant une période assez longue et à chaque génération, ce qui vient confirmer la présence d'importantes populations d'adultes en activité de ponte. La période de ponte est plus concentrée dans les générations d'été mais plus longue dans la génération d'automne dans les deux localités considérées. La détermination de ces périodes d'activité de ponte du ravageur est primordiale pour la lutte biologique qui fait appel aux oophages.

## (5) Méthode d'étude de la durée de développement en degrés-jour

On sait que la physiologie de *M. unipuncta* est réglée par les différents facteurs biotiques et abiotiques. Vu l'importance de ces derniers chez les insectes, et du fait de leur petite taille, l'inertie thermique est faible et l'effet du rapport surface/volume est très important d'autant qu'il s'y ajoute une capacité limitée de déplacement des stades pré-imaginaux.

En ce qui concerne le rapport entre la température (constante avec diète illimitée) et le nombre des générations de *M. unipuncta*, des études faites par GUPPY (1969) ont permis de déterminer que cet insecte avait besoin de 575 degrés-jours (cumulés), au dessus de 10°C, pour pouvoir compléter une génération. Pour les Açores nous avons fait appel dans notre étude aux données climatiques fournies par INMG.

Si l'on tient compte seulement des températures moyennes supérieures à 10°C des trois localités (Ponta Delgada, Achada das Furnas et Peca = Lagoa do Congro, situées respectivement à 50, 500 et 550 mètres d'altitude) et cumulées tout au long d'une année (fig. 47), on s'aperçoit de la diversité du simple facteur thermique dans l'île de São Miguel. Cette valeur est à peu près de 4000 degrés-jour à Ponta Delgada et de moins de 1150 à Peca.

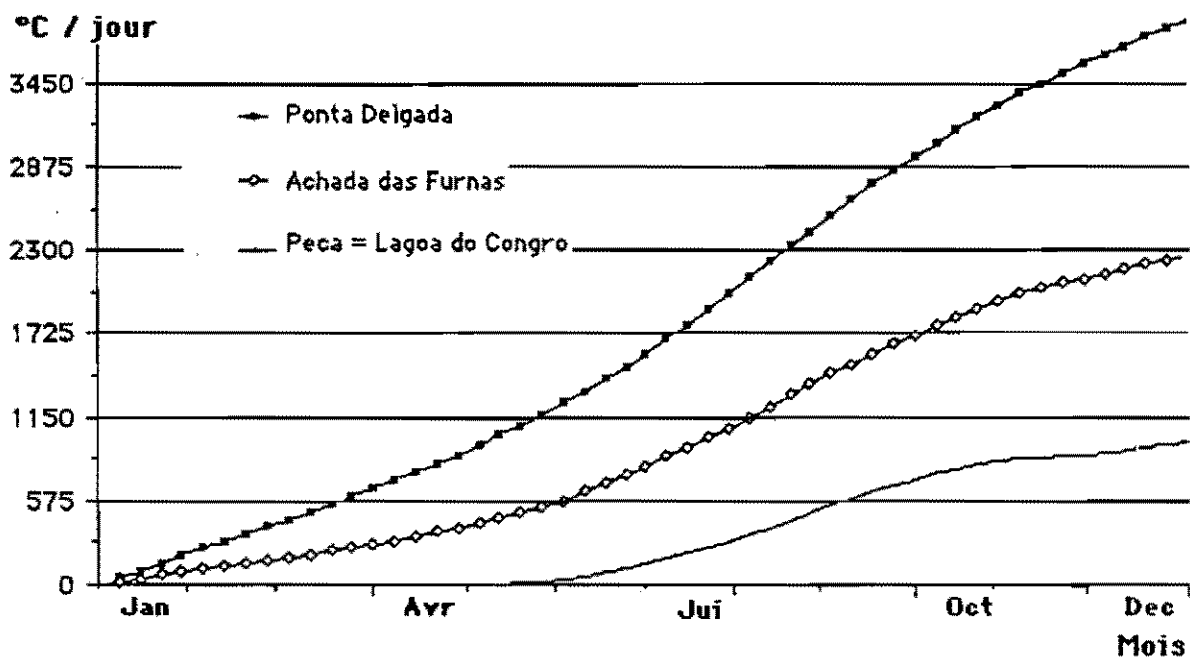


Figure 47: Degrés-jour (supérieurs à 10°C), cumulés tout au long d'une année, dans trois localités de l'île de São Miguel (moyenne des températures sur plus de 25 ans).

Au niveau des biotopes, il existe des microclimats très localisés et le cas d'Achada das Furnas et Peca illustre bien comment une différence de 50 m d'altitude et une localisation différente, même proche, peuvent avoir une influence très marquée au niveau

de chaque région. Ces différences vont jouer un rôle primordial dans la bioécologie de *M. unipuncta*.

La température est pratiquement l'unique facteur régulateur du nombre de générations de *M. unipuncta*. Les degrés-jours à São Miguel indiquent la possibilité d'avoir 2 à 6 générations annuelles en fonction de la localité (fig. 47). Ainsi, à Peca pendant l'hiver et le printemps l'insecte est en quiescence ou bien il se déplace vers d'autres biotopes après 2 générations. À Achada das Furnas son développement est continu pendant toute l'année. À la fin du printemps il peut y avoir déjà la première génération, avec deux générations pendant l'été et une quatrième pendant l'automne.

Dans les pâturages de la zone de Ponta Delgada, le nombre de générations que l'on peut prévoir pendant l'hiver et le printemps serait de deux. Il s'élèverait à trois durant l'été et descendrait à une en automne. À Ponta Delgada, au lieu des six générations prévues par le méthode de degrés-jour on n'en compte plus que cinq. Cet exemple met en évidence une des raisons qui ont donné à *M. unipuncta* le statut du plus grand ravageur des Açores à partir des années 70. En effet, dans ces vingt dernières années, les pâturages permanents ont envahis pour des raisons économiques des zones de basse altitude, très favorables au développement de l'espèce. Cette zone était occupée auparavant par des cultures industrielles et des céréales, qui occupaient le sol pendant une certaine période de l'année. Après cette période, la terre était labourée.

Tous ces changements, qui provoquent l'apparition de zones plus favorables au développement du ravageur, ont permis d'augmenter le niveau de ses populations. Notons que dans ces nouveaux biotopes, il y a une faible population d'ennemis naturels et lors de l'occupation d'un nouveau foyer, l'équilibre de la chaîne trophique (les ennemis naturels n'ont pas, par exemple, la même capacité de mobilité que celle des adultes de *M. unipuncta*) a pris du temps à s'établir, surtout dans les endroits où l'on a fait appel à de fréquents traitements chimiques.

Enfin, en ce qui concerne le lien entre le nombre de générations annuelles et la température, on peut dire que comme la majorité des insectes, le gain en calories est fait par conduction, à partir du substrat sur lequel ils se trouve et très rarement par radiation solaire.

Celle-ci a lieu pendant la journée, période où la noctuelle est au repos, ce qui explique pourquoi, sur le terrain, *M. unipuncta* a parfois moins de générations que prévu malgré l'ensoleillement. On sait que pendant cette période l'insecte se met à l'abri des radiations solaires, alors qu'au laboratoire, par exemple, le gain énergétique est continu.

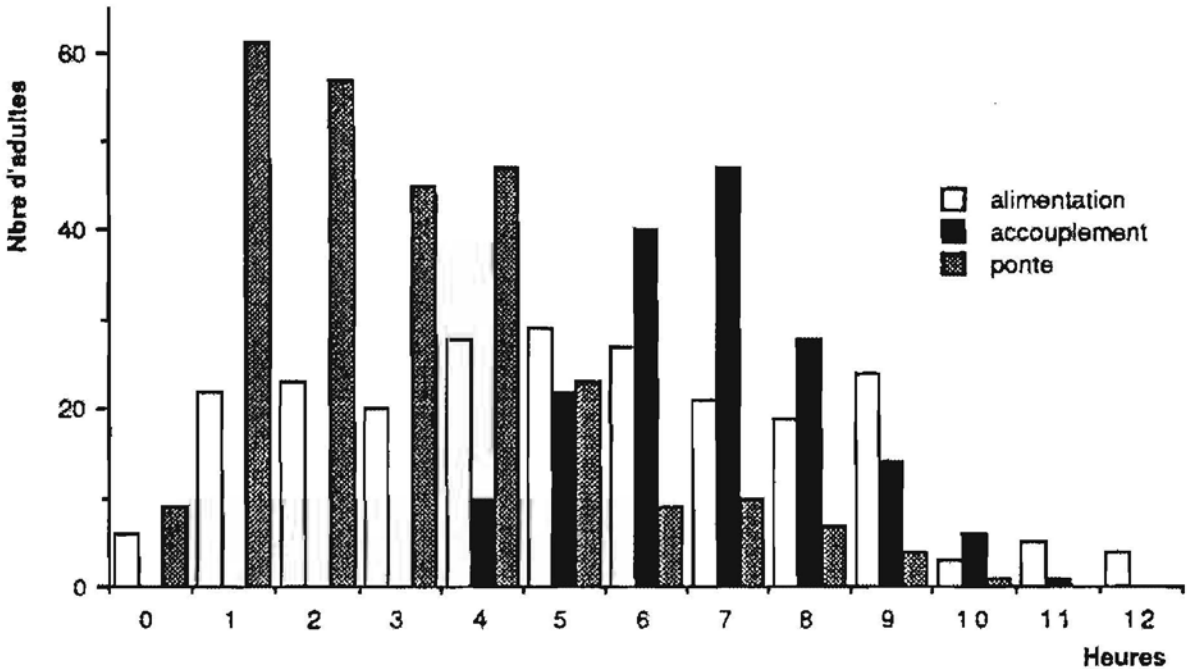
Grâce aux refuges: ombre où se situe l'insecte pendant la journée, oeufs disposés sous les feuilles, larves sur le sol et nymphes enfoncées dans le sol à quelques millimètres, la durée de développement ne correspond pas à ce que l'on attendrait au vu des données macroclimatiques. Par conséquent, le nombre de degrés-jour cumulé (aux températures fluctuantes) par *M. unipuncta* va en réalité "moins vite" que celui présenté dans la fig. 47, ce qui fait que le nombre de générations, pour les données étudiées, ne dépasse pas cinq, ce qui est confirmée par des études d'élevage de *M. unipuncta* faites à l'insectarium, à Ponta Delgada, qu'ont révélé que l'insecte a un voltinisme annuel, correspondant à 5 générations, soit une génération de moins que dans celles prévues par la méthode de degrés-jour de GUPPY (1969).

#### d) La ponte

Le déroulement de la ponte de *M. unipuncta* a été étudié par de nombreux auteurs: FORBES, 1905; BREELAND, 1958; GUPPY, 1961; BALACHOWSKY, 1972; VIVAS, 1974; SAULITSH, 1975; McNEIL & TURGEON, 1982; FARINE, 1981. Les travaux les plus anciens traitent de la ponte sous l'aspect bioécologique, les plus récents sous l'angle du comportement sexuel en vue d'isoler et d'identifier la phéromone des femelles.

Le comportement sexuel de cette espèce (Noctuidae) est très lié à la photopériode. Les accouplements ( $n=30$ ) commencent 3 à 4 heures après le début de la scotophase (fig. 48), avec un maximum 4 heures après, c'est à dire, au lever du jour. Cette période d'appel peut avoir lieu dès la première nuit suivant l'émergence. La période d'alimentation (l'eau sucrée à 33%) se situe tout au long de la nuit (à  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) mais il y a

une tendance plus accentuée après la période de ponte, soit 4 heures après le début de la nuit. La ponte a lieu surtout après la première heure de scotophase et va en décroissant jusqu'au lever du soleil.



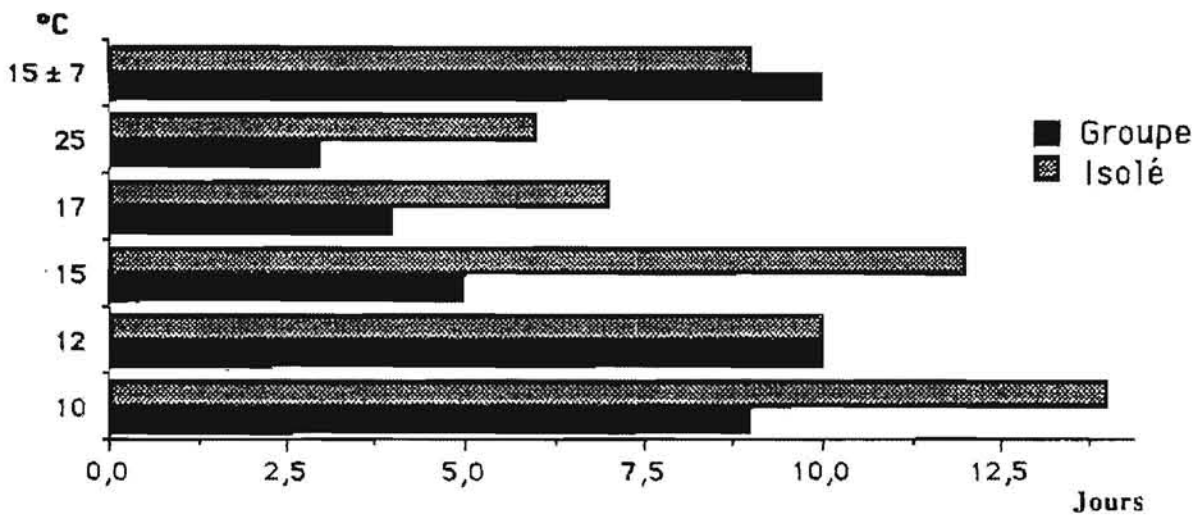
**Figure 48:** Périodes de la scotophase, favorables à la prise de nourriture, l'accouplement et la ponte chez les adultes de *M. unipuncta*.

Selon FARINE (1982), la séquence comportementale précopulatoire chez le mâle présente les phases suivantes:

- redressement des antennes vers l'avant,
- nettoyage des antennes et des palpes labiaux,
- redressement sur les pattes,
- envol,
- rapprochement vers la femelle avec bourdonnement alaire,
- torsion de l'abdomen à quelques centimètres de la femelle,
- sortie des valvès génitales et des pinceaux androconiaux et accouplement.

La durée de l'accouplement est très variable de quelques minutes à plusieurs heures. Le temps de copulation considéré comme minimum, selon VIVAS (1974), serait de 30 minutes.

Au laboratoire à des températures constantes de 10°C à 25°C et à la température de l'insectarium, nous avons observé que quelques jours après l'accouplement, selon les températures auxquelles les adultes sont soumis, la ponte commence (fig. 49). Celle-ci est retardée aux températures constantes, proches du seuil inférieur (10°C) de développement (entre le 8ème et le 10ème jour). L'inverse est vérifié vers les températures proches de l'optimum de développement (25°C). À la température de l'insectarium (15°C ± 7°C), peu éloignée du seuil inférieur de développement, on observe aussi un retard de la ponte.

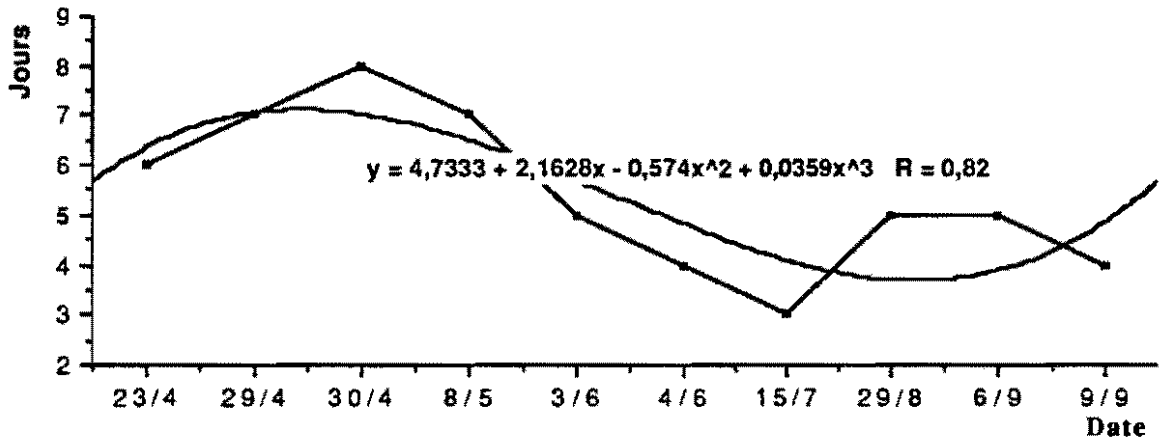


**Figure 49:** Délai entre l'émergence et le début de ponte (jours) des femelles de *M. unipuncta* en groupe ou isolées à différentes températures (n=30).

Alors que les organes sexuels du mâle sont mûrs dès leur émergence, il faut aux femelles un certain temps pour la maturation des organes reproducteurs. Ce délai, d'environ 4.5 jours, constitue la période de préoviposition (TURGEON et al., 1983).

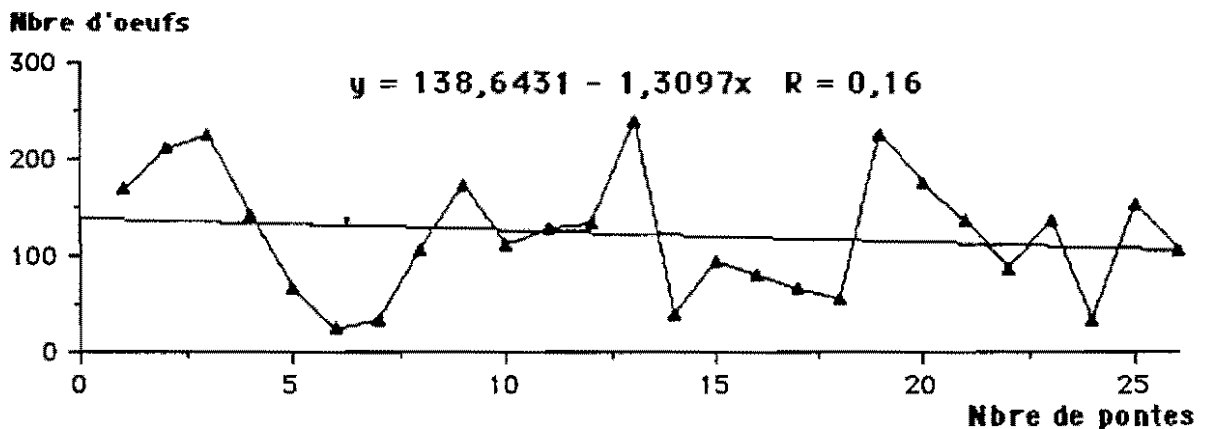
On notera que le regroupement de femelles de *M. unipuncta* favorise la maturation des ovocytes. Ainsi, les femelles isolées mettent plus de temps pour pondre que les femelles groupées: 2,5 jours à 21 ou à 17°C, 7 et 5 jours à 15 et 10°C, respectivement. Par contre, dans les conditions de température variables du terrain les femelles isolées pondent un jour plus tôt que les femelles groupées.

À ce sujet déjà BREELAND (1958), aux Etats Unis, avait démontré que le temps entre l'émergence de l'adulte et le début de la ponte de *M. unipuncta* est plus ou moins court, selon la période de l'année (fig. 50). Ainsi, pendant la saison la plus chaude ce temps est plus court.



**Figure 50:** Durée de la période de préoviposition de *M. unipuncta* au printemps et en été, selon BREELAND (1958).

Cet insecte, comme beaucoup de noctuelles, est susceptible de pondre quelques oeufs sans avoir été fécondé mais ne dépose que des oeufs stériles (VIVAS, 1974). Le nombre d'oeufs pondus par femelle, ainsi que la durée de ponte de ce ravageur, est très variable. Pour la population des Açores, ANUNCIADA (1984), a vérifié que le nombre maximum d'oeufs pondus était de 1288 et le minimum de 54. BREELAND (1958) a obtenu 1759 oeufs. Ces oeufs sont émis surtout en groupes formant des ooplaques bien visibles dans les conditions de laboratoire (à  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ), les pontes étant déposées entre des feuilles de papier transparent. L'analyse du nombre d'oeufs par ooplaque (fig. 51) montre à nouveau une forte variabilité de ce caractère. La durée de ponte varie de 2 à 9 jours.



**Figure 51:** Nombre d'oeufs de *M. unipuncta* par pontes émises par différentes femelles. Droite de régression et coefficient de détermination négatif.

Une étude effectuée par BREELAND (1958) a montré que le rythme d'émission des oeufs par les femelles de *M. unipuncta* était en moyenne d'un oeuf toutes les 4,82 secondes (fig. 52).

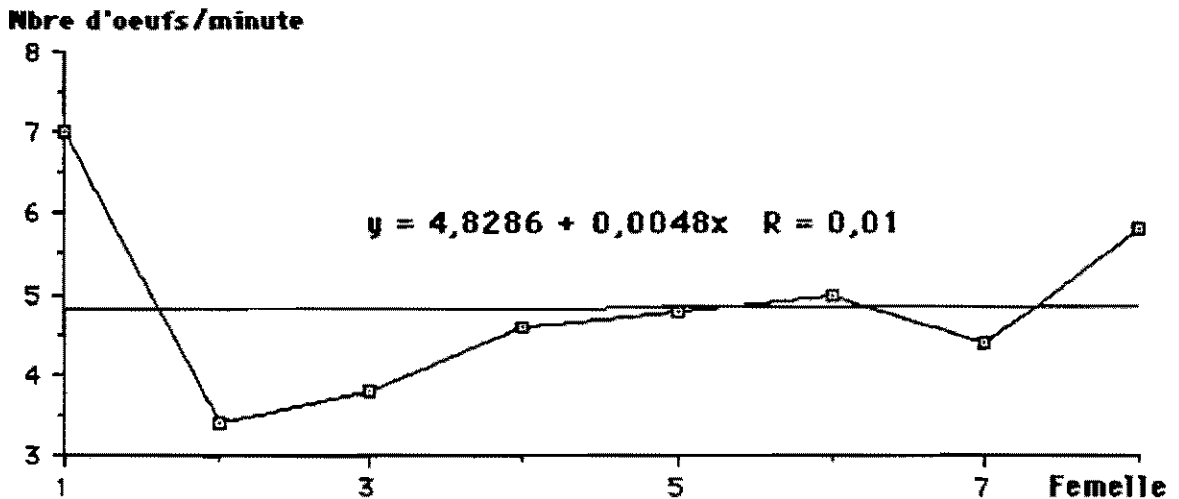


Figure 52: Rythme d'émission des oeufs de *M. unipuncta*, selon BREELAND (1958).

#### e) État des ovaires

Au paragraphe précédent nous avons vu l'importance de la température sur le déclenchement et l'hétérogénéité de la ponte de *M. unipuncta*. Des méthodes ont été mises au point pour estimer, instantanément, l'avenir de la population des ravageurs à partir de l'observation des imagos, notamment, par l'évolution de l'état physiologique des ovaires. VIVAS (1974) a démontré que plus il y a des spermatozoïdes dans la bourse copulatrice des femelles de *M. unipuncta*, plus leur fécondité est accrue. En leur absence, la femelle pond quelques oeufs non fécondés donc stériles. À leur tour, BUES *et al.* (1986) à la suite des captures de *M. unipuncta* dans les pièges lumineux du Bassin d'Aquitaine et des Pyrénées, ont observé qu'au cours de la première génération le nombre global des femelles accouplées est supérieur à 60%; d'autre part, on vérifie que ces pourcentages dans les situations de montagne sont très nettement inférieurs à ceux des sites de plaine.

Aux Açores, dès le début de 1988, des échantillons d'adultes de *M. unipuncta* sont retirés des pièges lumineux des localités d'Arribanas (250 m d'altitude) et Lagoa do Congro (550 m d'altitude), puis, après Juillet, des pièges de Ribeira Grande (100 m

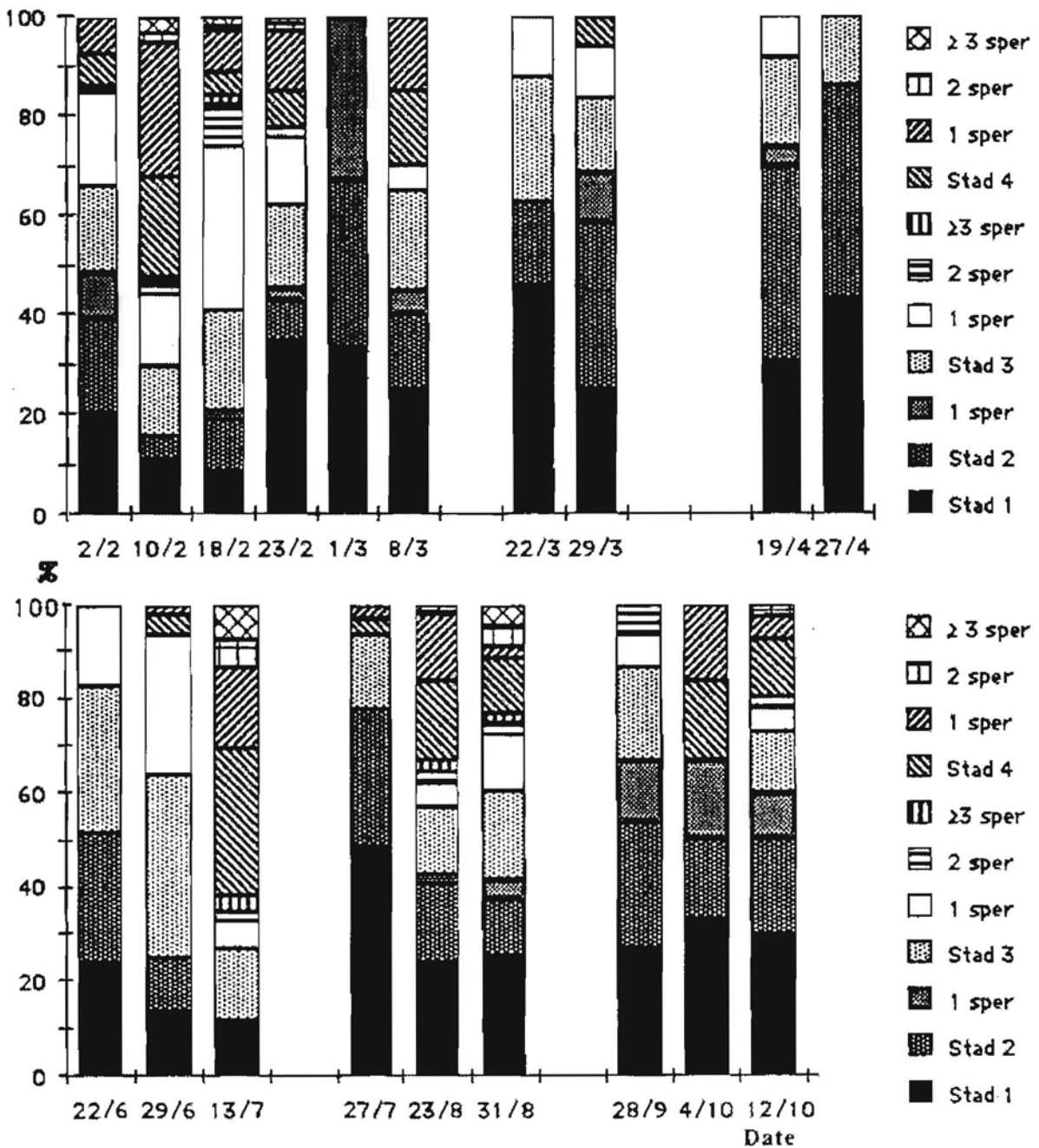
d'altitude) et Altiprado (550 m d'altitude). Les adultes sont disséqués une fois par semaine suivant la méthodologie utilisée pour estimer le stade ovocytaire d'autres lépidoptères, notamment de *Scotia ipsilon* HFN par M. BUES (in VIEIRA, 1987) et *Orthosia incerta* HFN. par GALAS (1985). Cette technique tient compte du nombre de spermatophores et de quatre stades de développement ovocytaire:

- stade 1 - les ovarioles sont transparentes et il n'y a pas de développement visible des ovocytes,
- stade 2 - ovules différenciés, plus ou moins développés, sans structure, visibles dans les ovarioles,
- stade 3 - ovules mûrs, bien formés, avec sculptures visibles (les ovocytes plus jeunes ne présentent pas de sculptures),
- stade 4 - ovarioles vides ou presque (il peut rester quelques ovocytes bien formés).

En ce qui concerne ces premiers résultats obtenus à Arribanas (fig. 53), on voit que, dans les échantillons prélevés en fin d'hiver, les femelles sont bien fécondées et le plus fort pourcentage d'entre elles est aux stades 3 et 4 avec quelques individus présentant plus de 2 spermatophores. À partir du printemps les stades prédominants sont le 1er et le 2ème avec très peu d'individus au 3ème stade, aucun individus au 4ème stade. Seuls les individus au 3ème stade présentent 1 spermatophore.

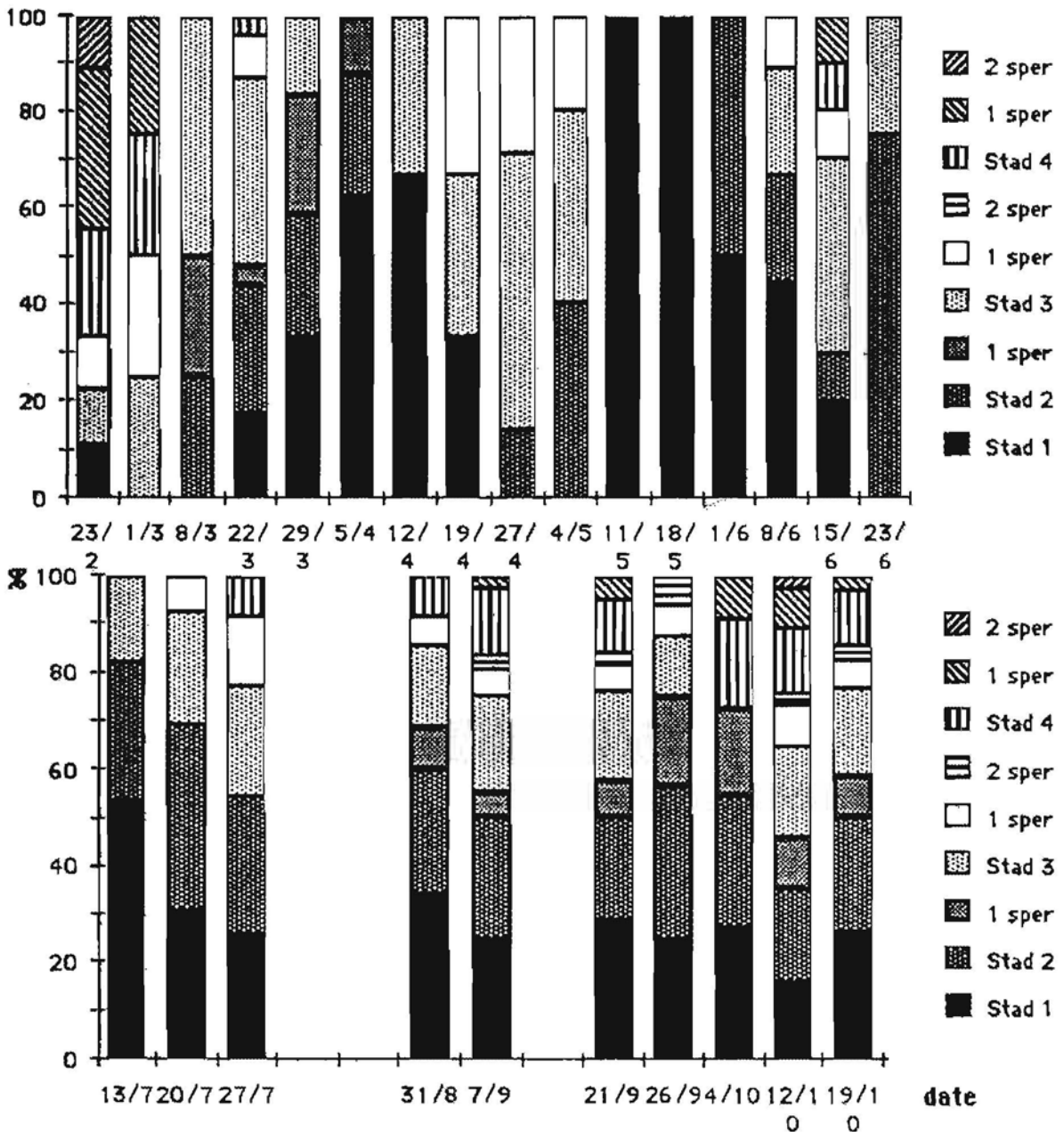
Dans les prélèvements d'adultes, effectués pendant l'été et en début d'automne, période où nous avons capturé d'importantes quantités d'adultes à Arribanas (fig 27), la population est très hétérogène au niveau de la maturité ovarienne. Ce n'est seulement qu'à partir du 13/7 que nous retrouvons plus d'un spermatophore chez les femelles de *M. unipuncta*. Nous n'avons jamais observé de femelles avec des spermatophores dans la bursa quand elles sont au 1er stade ovarien.

En ce qui concerne les échantillons d'adultes pris durant l'hiver à Lagoa do Congro, à une altitude supérieure de 300 m par rapport à Arribanas, nous observons peu de différences avec les résultats précédants entre ces deux stations. Les stades ovocytaires les plus fréquents sont les 3ème et 4ème (fig. 54). Au printemps, on observe une grande variabilité des stades. Le premier stade est cependant le plus abondant dans la dernière quinzaine de Mars et surtout en Avril.



**Figure 53:** Contenu des ovaires et de la bursa de *M. unipuncta* au cours de différentes périodes en 1988 à Arribanas (les différents stades des ovocytes et le nombre de spermatophores sont exprimés en %).

De Mars jusqu'à la 1ère semaine d'Avril on trouve surtout le 2ème et le 3ème stade. Durant le mois d'Avril on a enregistré surtout des femelles au 1er stade qui restera majoritaire jusqu'au début de Juin (sauf à la fin d'Avril et début de Mai). Quant au nombre de spermatophores observés par stade, on peut dire qu'ils sont absents à partir de la seconde semaine de Mai et que ce n'est seulement qu'à partir du 15/6 que fut observé 1 spermatophore au 4ème stade des ovocytes.



**Figure 54:** Contenu des ovaires et de la bursa de *M. unipuncta* lors de différentes périodes en 1988 à Lagoa do Congro (les différents stades des ovocytes et le nombre de spermatophores sont exprimés en %).

En ce qui concerne l'état des ovaires des femelles capturées pendant l'été, on n'observe pas d'individus à plus de 2 spermatophores. En début d'été, contrairement à Arribanas, il existe une nette prédominance des deux premiers stades avec des traces de 3ème et 4ème stade. À partir du mois d'Août nous retrouvons l'hétérogénéité décrite à Arribanas aux niveaux des stades et du nombre de spermatophores.

En complément des observations faites dans les stations de moyenne et haute altitude, cette étude a été élargie à Ribeira Grande (100 m d'altitude) et Altiprado (550 m d'altitude), durant l'été et l'automne (figs. 55 et 56).

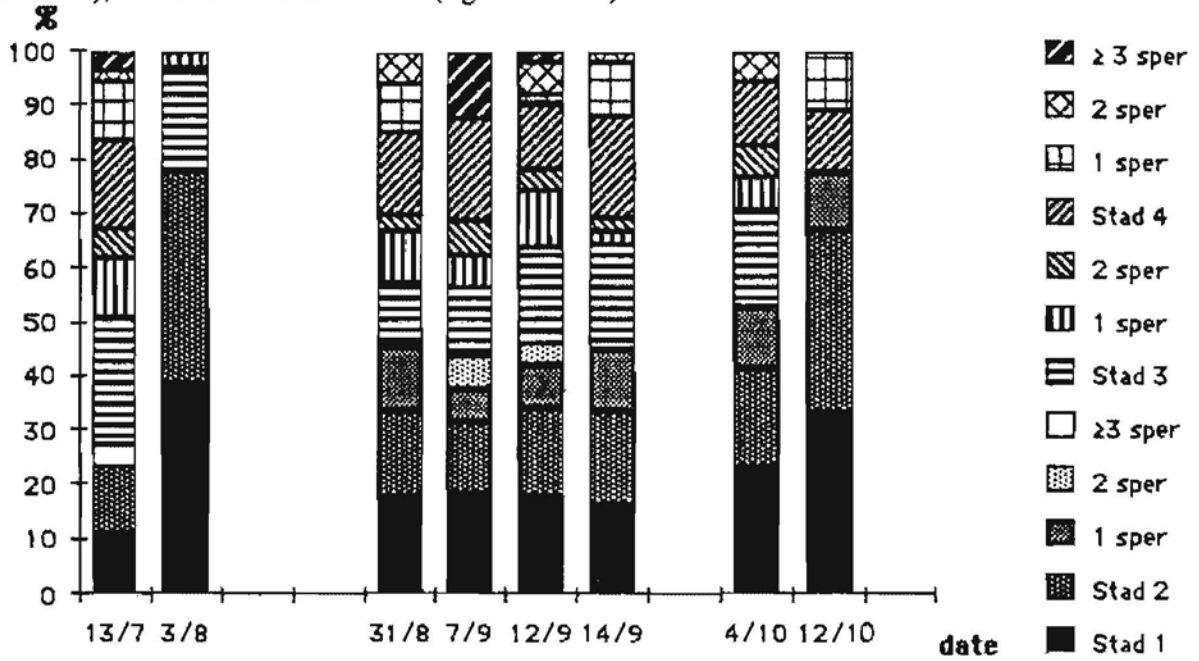


Figure 55: Contenu des ovaires et de la bursa de *M. unipuncta* à de différentes périodes en 1988 à Ribeira Grande (les différents stades des ovocytes et le nombre de spermatozoaires sont exprimés en %).

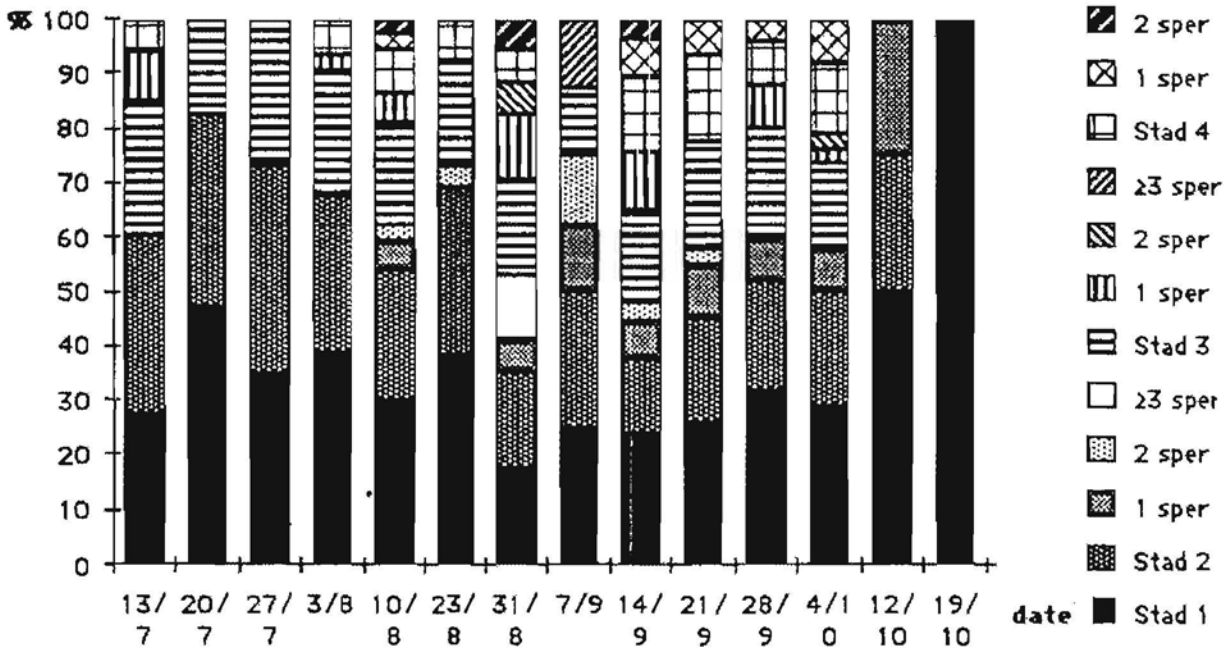


Figure 56: Contenu des ovaires et de la bursa de *M. unipuncta* lors de différentes périodes en 1988 à Altiprado (les différents stades des ovocytes et le nombre de spermatozoaires sont exprimés en %).

Les différences existant entre ces deux dernières stations ne sont pas très marquées, car dans l'ensemble les deux populations suivent une évolution parallèle. À Altiprado, comme dans la station de la même altitude à Lagoa do Congro, on n'a pas observé plus de 2 spermatophores au 4ème stade. Par contre, on trouve plus de 2 spermatophores au 2ème et 3ème stades.

À Altiprado, des stades les plus jeunes sont abondants et toujours plus marqués révélant un développement ovocytaire plus précoce chez les individus capturés dans cette station, ce qui semble être en relation avec les facteurs abiotiques de basse altitude bien favorables au développement du ravageur.

## D- INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LE DÉVELOPPEMENT DES STADES PRÉ-IMAGINAUX

### 1- Matériel et méthode

L'influence de la température sur le développement est un facteur de la plus grande importance sur le cycle de *M. unipuncta* (McLAUGHLIN, 1962; GUPPY, 1969; VIVAS, 1974; SAULITSH, 1975; ANUNCIADA, 1984; AYRE, 1985; BUES *et al.* 1987). Notre étude a porté sur les températures les plus fréquentes aux Açores, c'est à dire, les températures de 14, 18, 20, 23 et 30°C et une humidité relative de  $70 \pm 5\%$ , avec 16 heures de photophase et une alimentation des chenilles d'élevage sur *Lolium perenne* L.

### 2- Résultats

#### a) Incubation des oeufs

Le développement embryonnaire est corrélé significativement avec la température, comme l'indique l'analyse de la courbe logarithmique positive (fig. 57). Ainsi, les températures proches du seuil inférieur sont celles qui allongent le plus sa durée. Elle est de 13,5 jours à 14°C et de 2 à 3 jours de 23°C à 30°C.

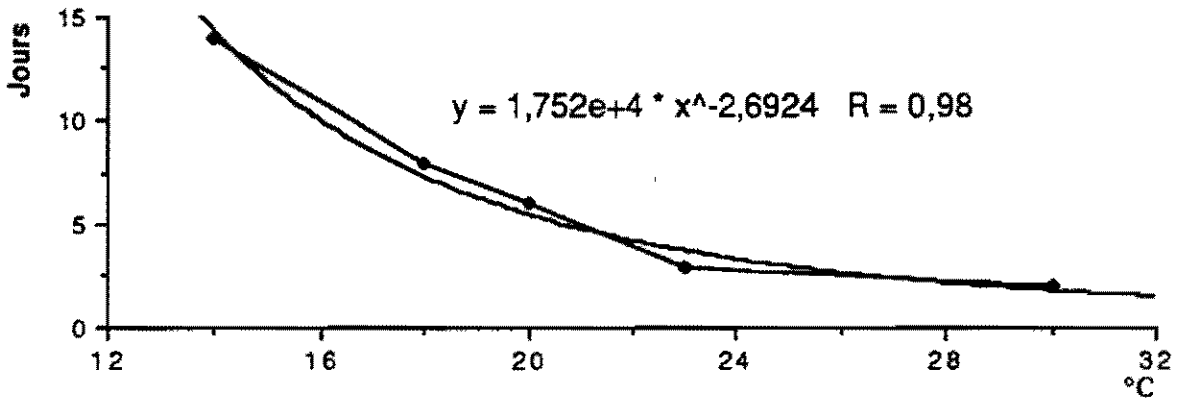


Figure 57: Durée du développement embryonnaire (en jours) de *M. unipuncta* à différentes températures (groupes de 100 oeufs). Courbe logarithmique positive.

Le seuil théorique minimal d'incubation pour cette espèce, étudié par BUES *et al.* (1987), est de  $10 \pm 2,5^\circ\text{C}$ . À  $11^\circ\text{C}$ , l'éclosion des oeufs est proche de 95%. En ce que concerne le seuil supérieur il se situe autour de  $33,5^\circ\text{C}$ . À  $32^\circ\text{C}$ , les larves qui sortent sont encore viables. Ces conditions thermiques permettent à *M. unipuncta* de se développer à n'importe quelle saison de l'année aux Açores à basse altitude (figure 10). Dans les biotopes d'altitude, comme à Peca (figure 11), pendant l'hiver et une bonne partie du printemps, le développement devient plus difficile, mais pas du tout impossible, car les oeufs supportent durant des périodes assez longues des températures inférieures au seuil minimal.

### b) Développement larvaire

On retrouve une même corrélation du développement larvaire avec la température (fig. 58). Il est de 55 jours à  $14^\circ\text{C}$ , de 20 jours à  $23^\circ\text{C}$ . Une mortalité élevée (>50%) est observée chez les L1 et L2 à  $14^\circ\text{C}$ . Entre  $23^\circ\text{C}$  et  $30^\circ\text{C}$  la durée du développement larvaire est peu variable. À  $30^\circ\text{C}$  elle est à peu près de 18 jours, mais les descendants ne sont pas fertiles.

En ce qui concerne les seuils minimaux de développement, BUES *et al.* (1987) indiquent qu'à  $11^\circ\text{C}$  les chenilles des derniers stades larvaires (L5 et L6) atteignent le stade prénympe avec peu de mortalité. Durant ce dernier stade et au cours de la nymphose, la mortalité augmente et le peu d'individus qui arrivent au stade imaginal sont mal formés.

Dans nos élevages, comme sur le terrain, nous avons observé de nombreux individus présentant ces caractéristiques. Si les individus sont soumis à cette température uniquement aux derniers stades pré-imaginaux, les adultes sont normaux, mais l'on perd la moitié de la population. Ces constatations mettent en évidence l'importance de ce facteur thermique dans le développement et aussi dans la limitation des peuplements de l'espèce, surtout à l'époque des saisons considérées aux Açores comme les plus défavorables au développement larvaire.

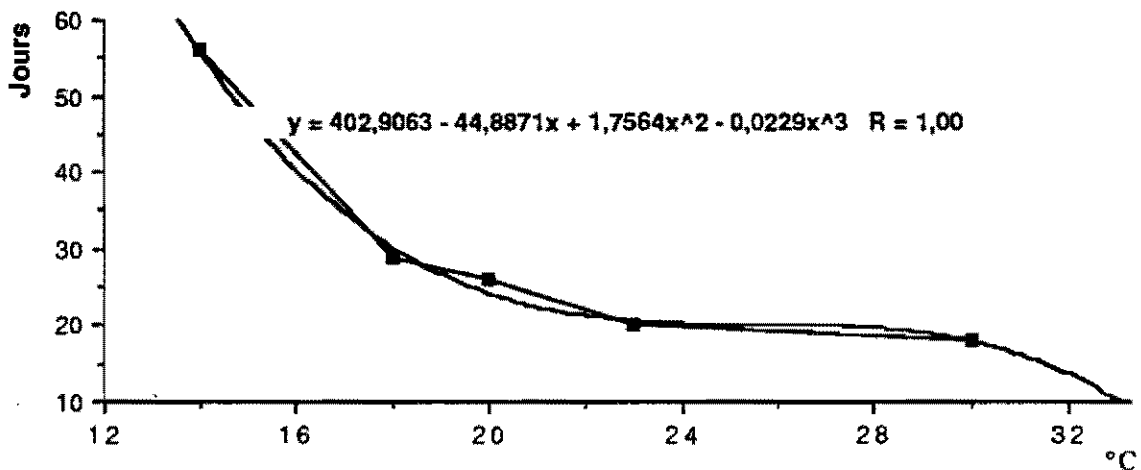


Figure 58: Durée de développement larvaire (en jours) de *M. unipuncta* à différentes températures (groupes de 50 chenilles). Courbe polynomiale positive.

### c) Développement pré-nymphal

Beaucoup de chercheurs englobent cette phase du développement dans le stade larvaire. Comme il s'agit d'une phase très sensible de la vie du lépidoptère, nous l'avons étudiée à part. Le développement pré-nymphal (fig. 59) est de 15 jours à 14°C, de 5 jours à 18°C et de 1 jour à 30°C.

### d) Développement nymphal

La durée de ce stade est dans l'ensemble proche de la moitié de celle du développement larvaire (fig. 60). Elle est en moyenne de 26 jours à 14°C, d'un peu plus de

13 jours à 23°C. Comme tous les autres stades, l'influence de la température est déterminante pour son déroulement que confirme l'analyse de la courbe polynomiale.

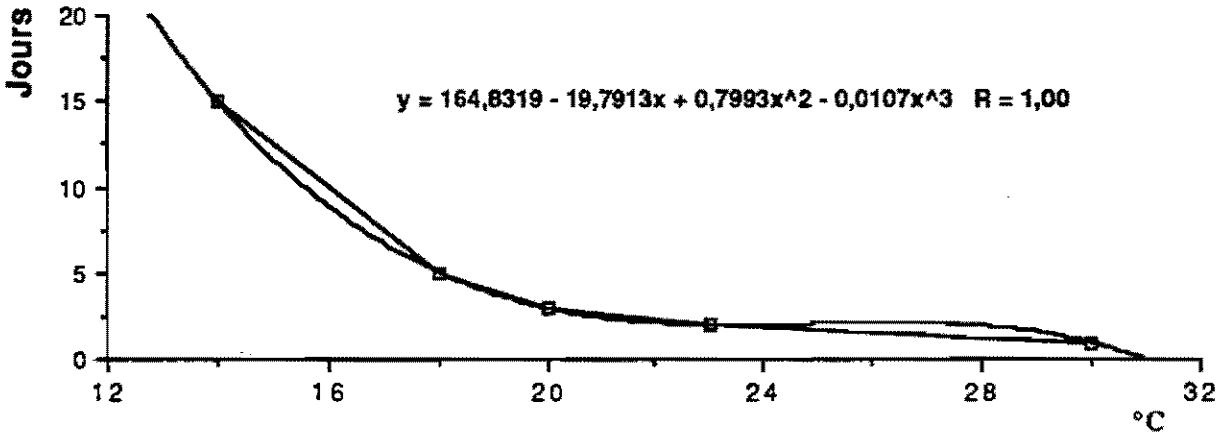


Figure 59: Durée de développement pré-nymphal (n=30, en jours) de *M. unipuncta* à différentes températures. Courbe polynomiale positive.

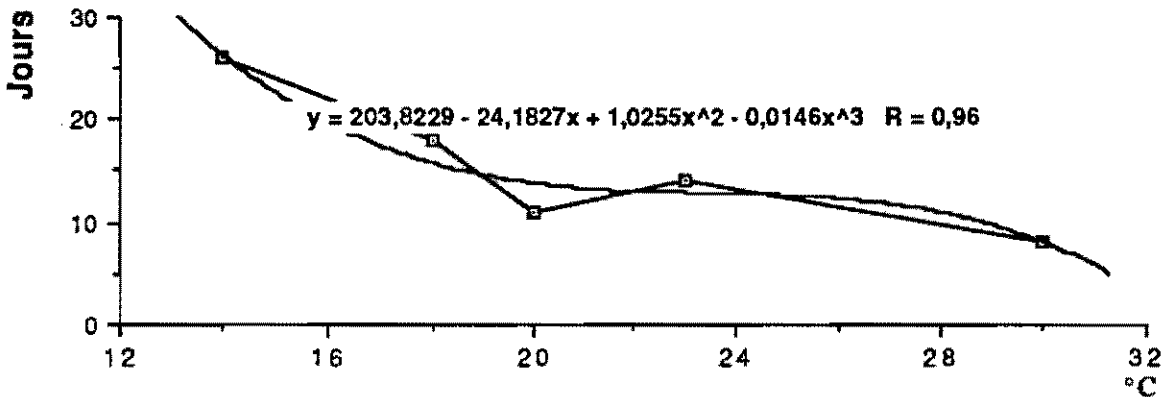


Figure 60: Durée du stade nymphal (n=30, en jours) de *M. unipuncta* à différentes températures. Courbe polynomiale positive.

Cet ensemble de résultats sur la durée du développement des stades pré-imaginaux de *M. unipuncta* met bien en évidence, dans les conditions des Açores, le fait que l'insecte peut, suivant les localités, se développer en permanence pendant toute l'année. Pendant les périodes de l'hiver et du printemps, le temps de développement est très long. L'insecte, qui ne présente aucun vrai arrêt de développement, supporte bien les températures très douces du climat des Açores, comme le montre également BUES *et al.* (1986) pour le sud de la France.

## E- DÉVELOPPEMENT LARVAIRE ET DÉGÂTS

Plusieurs auteurs ont souligné l'importance des dégâts causés par les insectes. **MARLATT** en 1916 (*in* **LHOSTE**, 1979) affirmait déjà que les pertes provoquées "par les millions de petites bouches qui, sans arrêt, grignotent nos récoltes" étaient évaluées, aux États Unis, à 1500 millions de dollars annuellement.

Toujours aux U.S.A., selon **LHOSTE** (1979), le coton accuse des pertes évaluées annuellement en moyenne à 200 millions de dollars, mais avec des pointes atteignant 500 millions de dollars de 1909 à 1949. En 1946, les pertes s'élèvent à 613 000 tonnes de graines de coton et de fibres. Ce tonnage aurait pu fournir 80 millions de kg d'huile raffinée, quantité suffisante pour approvisionner 8 millions de consommateurs ou 90 millions de kg de margarine, soit le tiers de la consommation des U.S.A. ou, encore, 276 000 tonnes de protéines et 152 000 tonnes de tourteaux pour le bétail. Ces tourteaux auraient pu produire 80 000 kg de boeufs ou 2 500 millions de litres de lait.

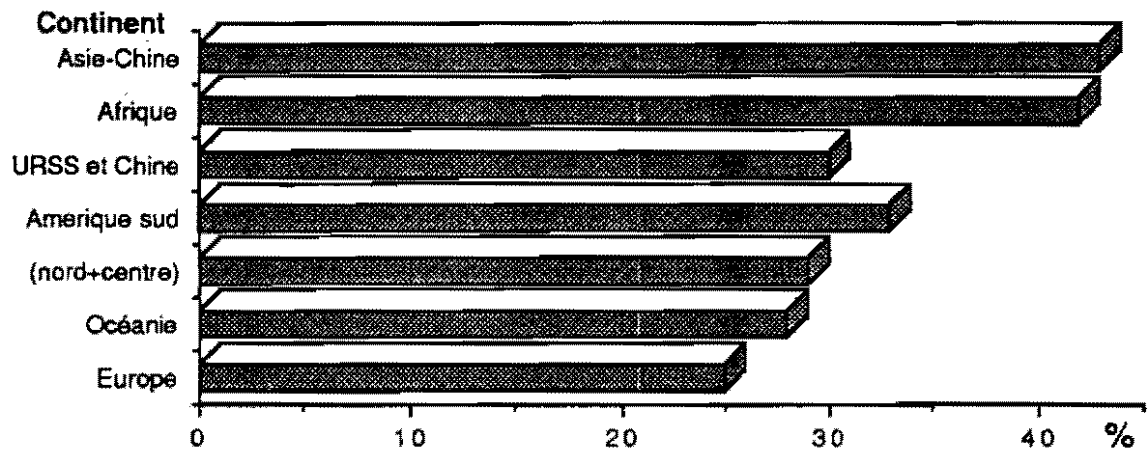
Au Canada, en 1919-20, des chenilles de lépidoptères détruisent un volume de bois égal à celui que les papeteries de ce pays consomment en quarante ans. Les pertes causées aux denrées récoltées, entreposées, sont également fort importantes. Une estimation de la F.A.O. pour 29 pays, datant de 1947, fixe les dégâts subis par les céréales récoltées à presque 26 millions de tonnes.

Au niveau mondial l'ensemble des pertes dues aux insectes, aux maladies, aux mauvaises herbes varient de 25 à 43% de nos ressources alimentaires (fig. 61). Les pays les plus affectés par ces dégâts sont ceux du tiers monde (**CRAMER**, 1967). Ces pertes représentent aujourd'hui, selon **LHOSTE** (1979), près de 200 milliards de francs.

### 1- Matériel et méthode

En ce qui concerne les dégâts commis par *M. unipuncta*, nous avons déterminé la consommation des différents stades larvaires. Nous avons utilisé comme nourriture la graminée la plus répandue dans la région, c'est à dire *Lolium perenne* L. var. S. 23, que nous avons renouvelé toutes les 48 h. L'essai s'est déroulé à  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $80 \pm 10\%$  d'humidité

relative et 16 heures de photophase. Six groupes de 25 chenilles ont été constitués en plus de deux témoins. Le stade larvaire des chenilles est vérifié toutes les 24 heures. L'aliment est pesé avant et après consommation des chenilles puis comparé aux témoins.



**Figure 61:** Pourcentage annuel de pertes de ressources alimentaires, dues à l'action des insectes, maladies et mauvaises herbes par continent (CRAMER, 1967).

## 2- Résultats

### a) Quantité d'aliment ingérée

Les dégâts provoqués par les larves de *M. unipuncta* augmentent au fur et à mesure que celles-ci effectuent les mues (fig. 62), la consommation la plus intense de végétation a été observée au dernier stade de développement larvaire. Ainsi, du premier au dernier stade larvaire, la destruction pondérale de la végétation par stade considéré est, respectivement, de 0.018, 0.051, 0.297, 0.442, 0.880 et 1.835 g par individu.

Cette consommation devient significative dès le troisième stade (fig. 63). C'est pratiquement à partir de ce stade qu'il y a lieu d'intervenir si l'on ne veut pas prendre le risque de dégâts très importants.

Les dégâts sont plus visibles l'été, période de l'année qui présente les températures les plus élevées et où la durée du dernier stade larvaire, de l'ordre d'une semaine, est toujours la plus longue, en comparaison de celle des stades précédents (fig. 64).

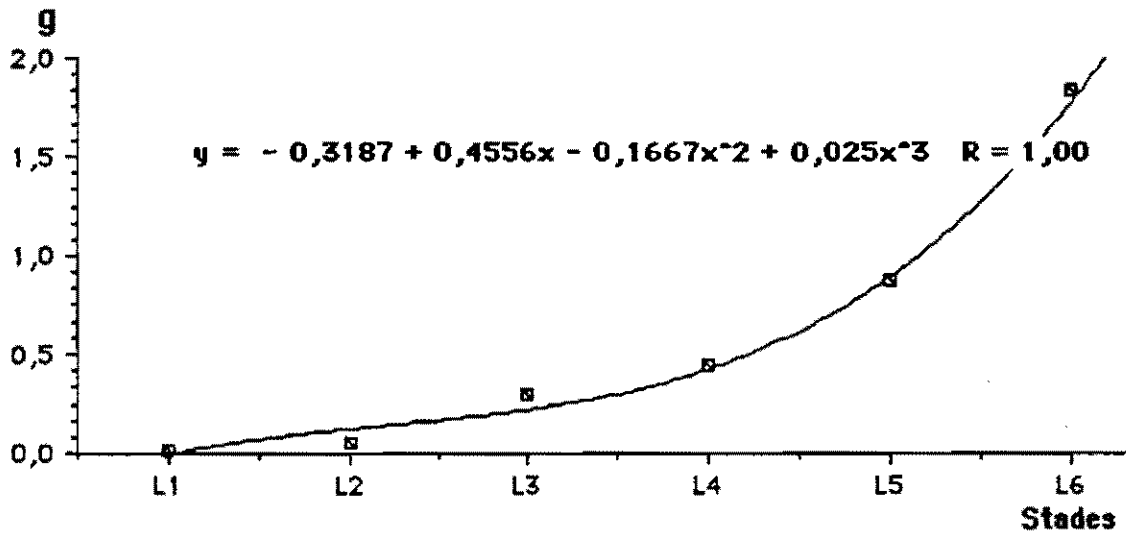


Figure 62: Consommation de chaque stade larvaire de *M. unipuncta*, sur *L. perenne* avec l'analyse de la courbe polynomiale.

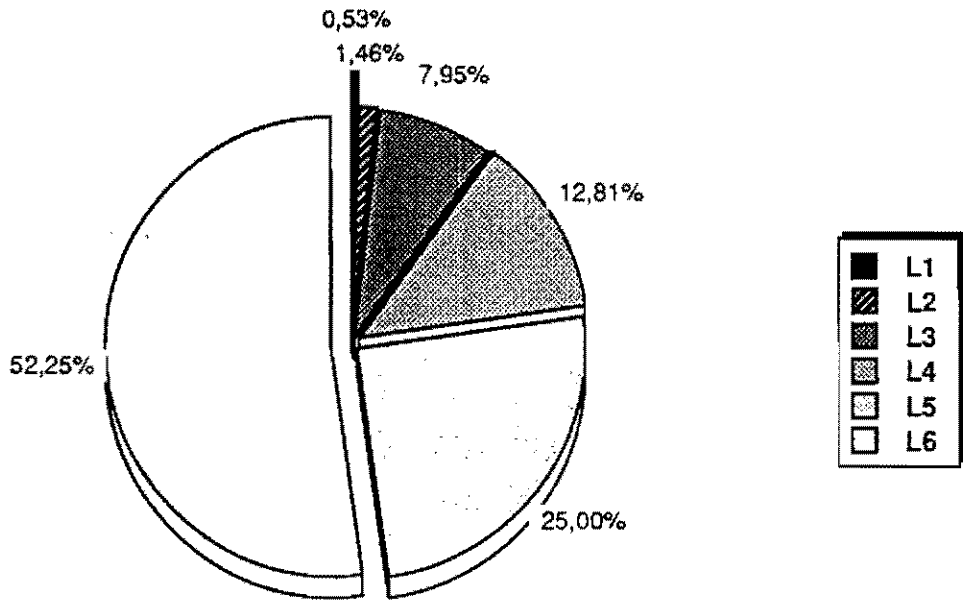


Figure 63: Comparaison en pourcentage de la consommation de *L. perenne* par les différents stades larvaires de *M. unipuncta*.

### b) Estimation des dégâts

Connaissant la quantité d'aliment ingérée à chaque stade larvaire, et la structure des peuplements de *M. unipuncta* par stade larvaire, on peut estimer les dégâts commis par ce ravageur au niveau de chaque parcelle.

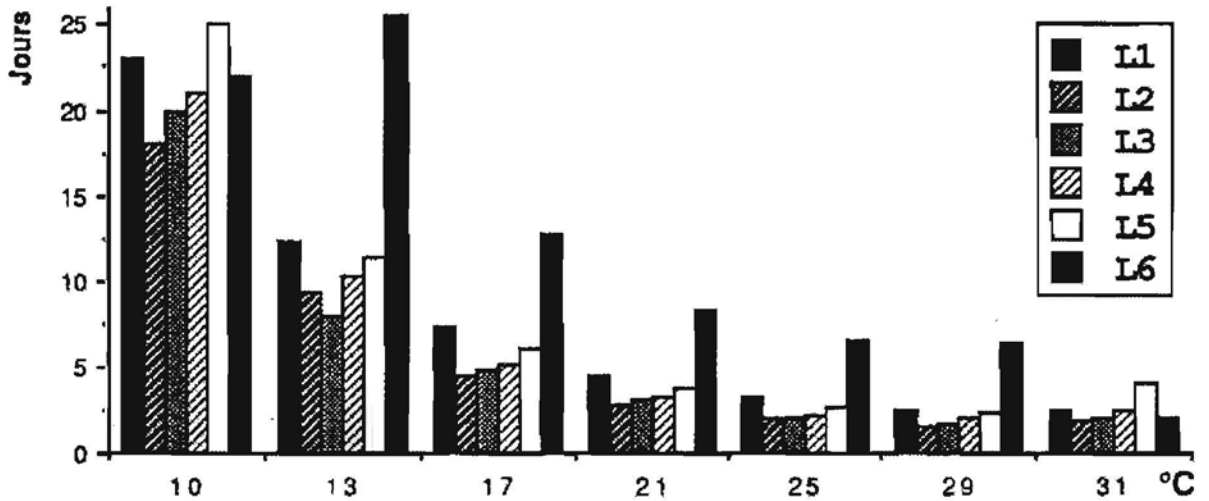


Figure 64: Durée du développement en jours de chaque stade larvaire (L1 à L6, n=30) de *M. unipuncta* à différentes températures.

Dans un premier temps nous avons analysé la production de certaines graminées de la flore des pâturages artificiels de Lagoa do Congo.

#### (1) Production des pâturages

La composition des prairies la plus couramment utilisée comprend, selon BORGES (1982), au niveau des graminées: *Lolium perenne*, *L. multiflorum*, *Phleum pratense*, *Dactylis glomerata*, *Bromus cathartii*, *B. inermis* et *Festuca elatior*. Il s'y ajoute une légumineuse: *Trifolium repens*.

Durant l'étude réalisée par BORGES (1982) il a été effectué six coupes annuelles: la 7ème, 17ème, 24ème, 31ème, 38ème et 46ème semaine. Les intervalles entre coupes ont été de 92, 90, 41, 45, 55 et 52 jours.

Les coupes les plus importantes se situent du début du printemps à la fin de l'été. Elles sont mesurées en centaines du Kg de matière sèche par ha (Kg/MS/ha), fig. 65. On constate qu'en hiver il faut 3 mois pour disposer d'une coupe, celle-ci ne représentant, par ailleurs, que le 2/3 de celle obtenue en début de printemps (1500 Kg/MS/ha).

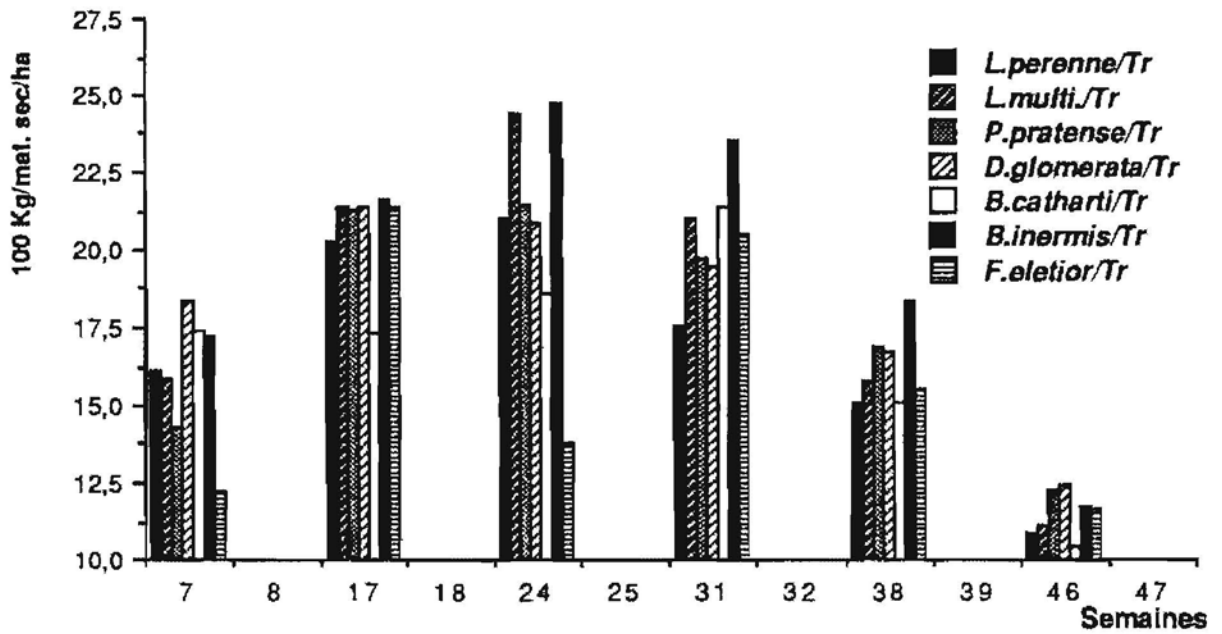


Figure 65: Production en Kg/MS/ha des différentes plantes fourragères des pâturages à Lagoa do Congo (BORGES, 1982) Tr= *Trifolium repens*.

En ce qui concerne *L. perenne*, que nous avons étudiée, sa production à Lagoa do Congo suit de près l'ensemble de la production des autres espèces fourragères (fig. 66). Dans cette figure, on voit l'effet de chaque coupe de la végétation par le bétail et sa reconstitution végétative constante dans les pâturages permanents, contrairement à celle des autres cultures de graminées (maïs, blé, orge, etc.), attaquées aussi par *M. unipuncta*.

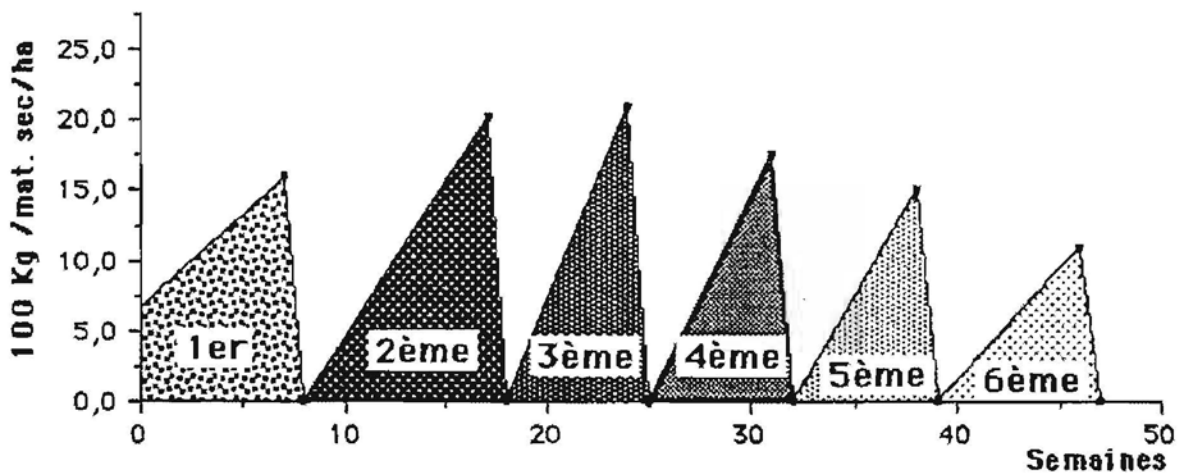


Figure 66: Production annuelle de *L. perenne*, en Kg/MS/ha, à Lagoa do Congo avec effet de la coupe par le bétail dans les pâturages.

Cette différence de production est fondamentale pour la compréhension des dégâts du ravageur dans le milieu du pâturage, où il est toujours possible de récupérer, après quelques semaines, toute la capacité fourragère. Par contre, dans les cultures annuelles, les dommages de l'insecte provoquent des dégâts irrécupérables pour la productivité céréalière.

## (2) Consommation par stade larvaire

On a analysé en 1986, chaque mois, le peuplement de *M. unipuncta* à Arribanas et Lagoa do Congo (figs. 38 et 39). En connaissant le pourcentage de chaque stade larvaire au m<sup>2</sup> (figs. 67 et 68), on peut estimer les dégâts commis dans chaque localité.

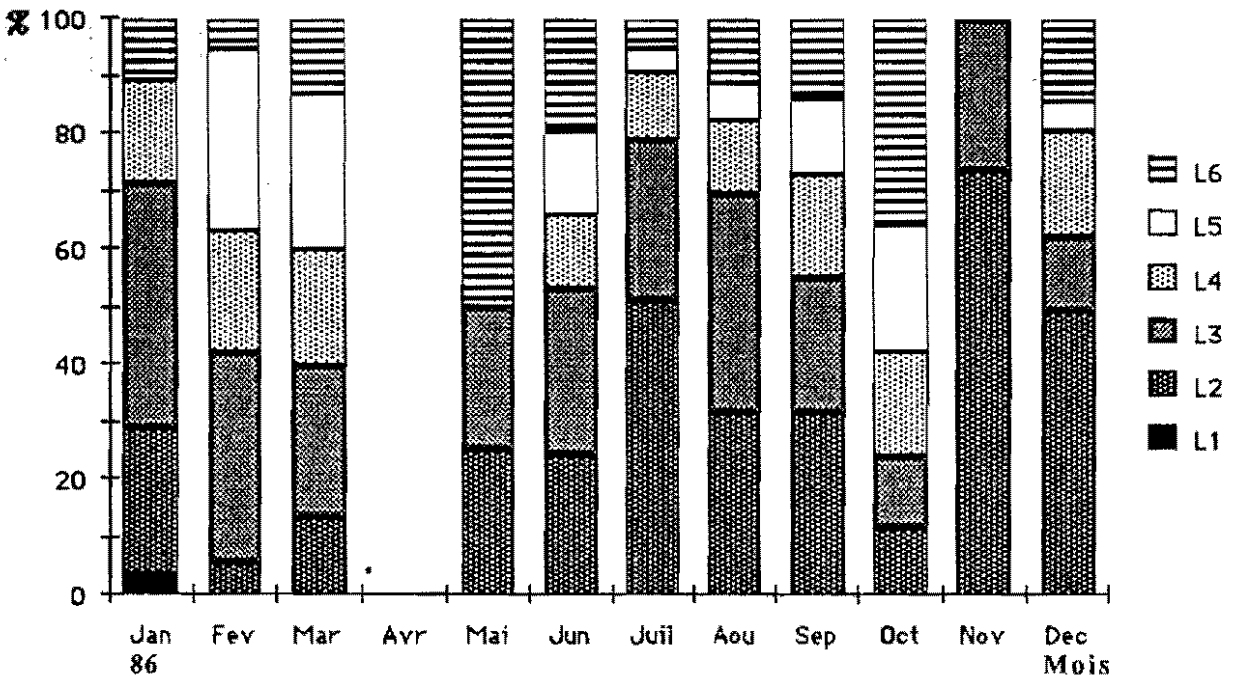


Figure 67: Pourcentage de chacun des stades larvaires de *M. unipuncta* présents par mois, à Lagoa do Congo en 1986.

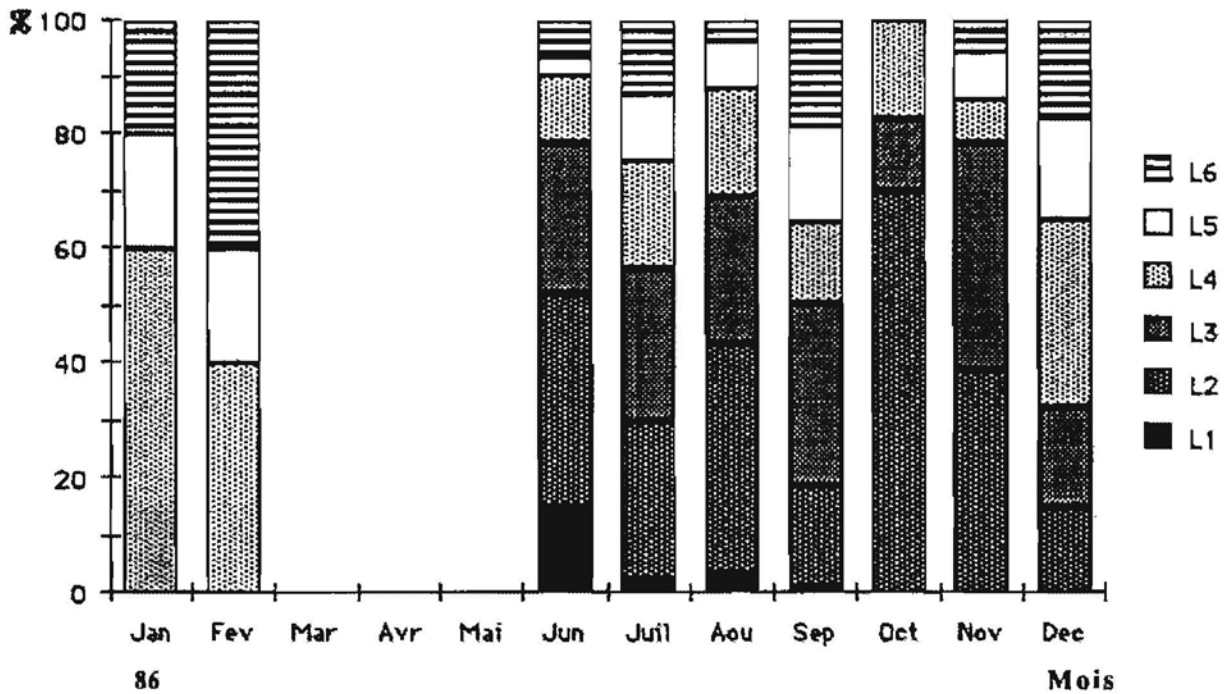


Figure 68: Pourcentage de chacun des stades larvaires de *M. unipuncta* présents, par mois à Arribanas en 1986.

#### - Méthode

On détermine tout d'abord la part de consommation revenant à chaque stade larvaire par la méthode de calcul de la consommation mensuelle des chenilles de *M. unipuncta*, qui nous est donnée par l'équation suivante :

$$K = \frac{T \cdot \%n \cdot gn}{100} \quad cd$$

où

K = consommation par chaque stade,

T = nombre total de chenilles,

%n = pourcentage de chenilles du stade considéré,

gn = consommation en grammes du stade et

cd = coefficient de probabilité de développement de chaque stade larvaire de *M. unipuncta*.

En ce qui concerne le coefficient (cd), il a pour objet de corriger le nombre total de chenilles (T) recensé une fois par semaine pendant un mois. En effet, l'insecte se

développe entre deux échantillonnages espacés de 8 jours, selon les températures, comme nous l'avons vu (fig. 64).

Pour l'estimation mensuelle du *cd*, nous avons pris en compte le nombre de jours de chaque mois, divisé par la durée en jours de chaque stade à la température moyenne de la localité. Vue la variabilité de la durée des différents stades larvaires, le coefficient *cd* est présenté pour les gammes de températures de 10 à 20°C relevées dans deux localités: Arribanas et Lagoa do Congro (tab. 9).

Stade larvaire	Température moyenne du mois (°C)					
	<10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20
L1	0	2	2.5	3	4.9	5.1
L2	0	2.7	3.3	4.4	7.5	8.1
L3	0	2.5	3.8	4.7	7.6	11.9
L4	0	2.3	3	4.1	6.6	11.4
L5	0	1.9	2.7	3.4	6	9.6
L6	0	1.2	1.2	1.7	3	4.1

**Tableau 9:** Coefficient de probabilité de développement de chaque stade larvaire de *M. unipuncta* en fonction des classes de températures moyennes d'un mois.

### (3) Dégâts aux pâturages

Après le calcul des consommations de chaque stade (K1 à K6), on effectue la somme de toutes ces consommations pour obtenir l'estimation des dégâts, en  $g/m^2$ , de la végétation consommée par chenilles de *M. unipuncta* durant un mois (fig. 69). Ainsi, pour les deux localités en cause, les dégâts commis par le ravageur pendant l'hiver et au printemps sont négligeables, de l'ordre de 1,6 et 9,7  $g/m^2$  à Arribanas et de 3,9 et 9,8  $g/m^2$  à Lagoa do Congro, respectivement. Par contre, durant l'été *M. unipuncta* effectue la majeure partie des dommages (602  $g/m^2$  à Arribanas et 498  $g/m^2$  à Lagoa do Congro), Juillet étant le mois le plus affecté par les dégâts. Pendant l'automne, les dégâts se poursuivent et sont de l'ordre de 50 et 93  $g/m^2$  à Arribanas et Lagoa do Congro, respectivement.

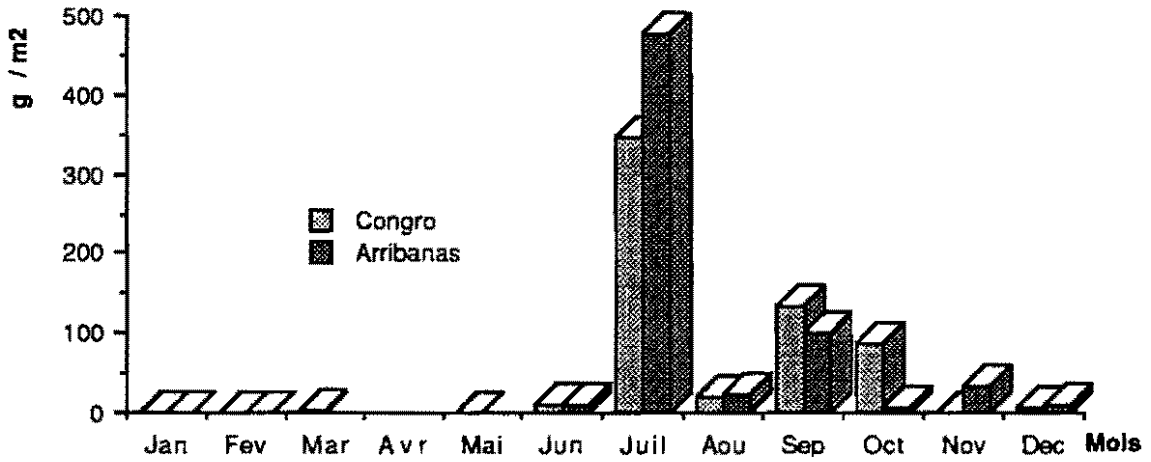


Figure 69: Consommation mensuelle, en  $g/m^2$ , des chenilles de *M. unipuncta* dans deux localités de São Miguel en 1986.

Les dégâts annuels dus à *M. unipuncta* sont, respectivement, de l'ordre de 664 et 605  $g/m^2$  à Arribanas et à Lagoa do Congro en 1986. À Arribanas, la quantité consommée uniquement durant l'été correspond à la totalité de ce qui est consommé à Lagoa do Congro. Les dégâts par saisons (en pourcentage) sont mis en évidence dans la fig. 70. Un autre fait saillant est que pendant l'automne à Lagoa do Congro les dégâts doublent par unité de surface par rapport à ceux d'Arribanas.

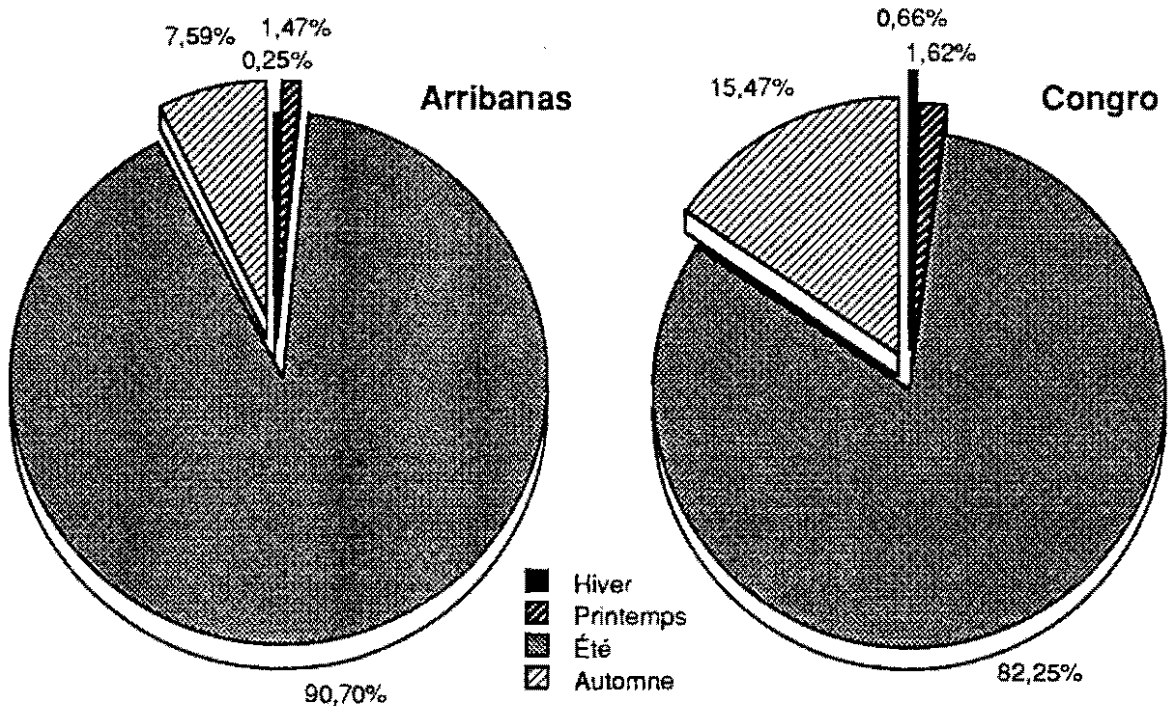


Figure 70: Pourcentage des dégâts de *M. unipuncta* dans deux localités de S. Miguel, selon les 4 saisons.

La production des graminées dans les pâturages est quantifiée en Kg/MS/ha. Ces valeurs (fig. 65) nous donnent peu de renseignement sur les dégâts commis par *M. unipuncta*, évalués en g/m<sup>2</sup>. C'est pourquoi dans un travail précédent (TAVARES, 1981) nous avons évalué la production des pâturages à Remédios et Cerrado dos Bezerros, au moment de l'échantillonnage des stades larvaires. La pelouse est coupée et pesée sur une balance mécanique ( $\pm 1$ g). Ces deux localités, par rapport à Arribanas et Lagoa do Congro, ont une constitution fourragère et sont situées à peu près à la même altitude. Dans ces conditions, la production annuelle d'herbe laitière a été de 7.948 et 7.071 g/m<sup>2</sup> à Remédios et Cerrado dos Bezerros, respectivement (fig. 71).

Si l'on compare les résultats connus de la production fourragère de Remédios avec la consommation des chenilles de *M. unipuncta* de Arribanas (localités à mêmes caractéristiques), on s'aperçoit que les dégâts annuels correspondent à la moyenne de la production végétale d'un mois. Ainsi, 8.34% de la production totale des prairies est annuellement consommée par le ravageur. Pour Cerrado dos Bezerros et pour Lagoa do Congro les résultats sont similaires.

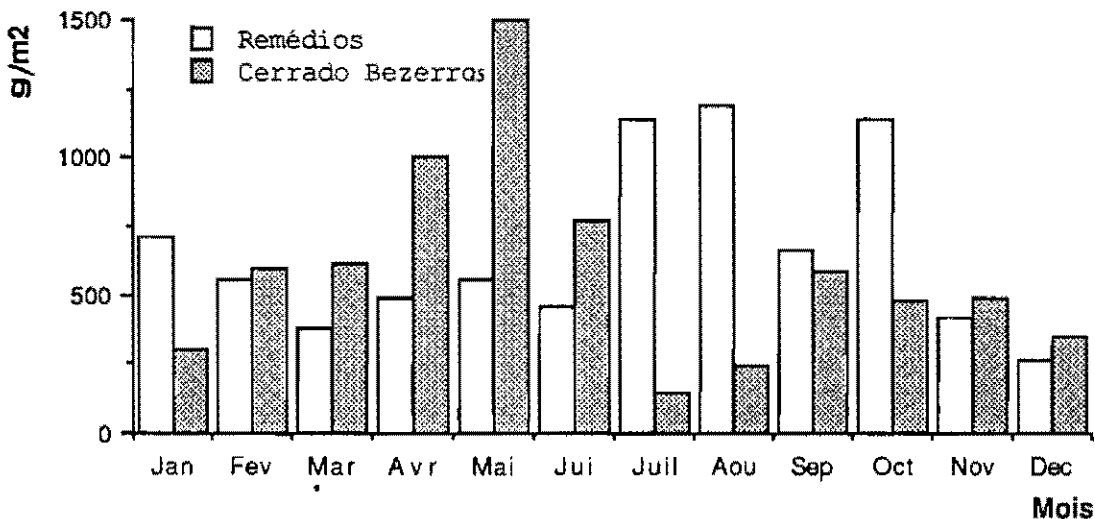


Figure 71: Production mensuelle de l'herbe chez la prairie en g/m<sup>2</sup> dans deux localités de São Miguel.

Bien que les dommages annuels de *M. unipuncta* aux pâturages ne soient que de 8%, valeur bien inférieure au pourcentage annuel de pertes de ressources alimentaires

dues à l'action des insectes ravageurs dans les différents continents (fig. 61), le poids économique qu'ils représentent dans une région comme les Açores est très important, car il se situe en été, période où il y a justement pénurie d'aliment pour le bétail liée au manque de pluie. Or c'est à cette période que le pourcentage mensuel de consommation de l'insecte augmente fortement et atteindra, pour les deux localités citées, près de 30%. L'éleveur ne se rend généralement pas compte de la présence du ravageur. Ce n'est que lorsque de grandes concentrations se sont établies en peu de jours et qu'elles deviennent relativement apparentes, qu'il recourt aux traitements insecticides.

Dans les conditions actuelles des Açores notre estimation de perte de fourrage entraîne, pour cette région, une perte de production potentielle de 8% par an de 16.800.000 litres de lait, 1.160.000 Kg de viande de boeuf et 640.000 Kg de bovins non exportés. Ceci représentant, au cours de 1988, 1.070.000.000\$00 (un million et soixante dix mil contos = 43.673.469 FF). Évidemment, c'est une estimation car l'on sait, d'une part, que la production végétale peut varier avec les années, l'état des prairies, la charge en bovins, la fumure, les engrais et, d'autre part, les dégâts varient eux-mêmes suivant l'importance des populations larvaires présentes.

## F- FACTEURS DE MORTALITÉ

Toutes les espèces vivantes ont, dans le temps et dans l'espace, des variations d'abondance. Ainsi, le terme d'équilibre biologique signifie simplement que, dans les limites de leur aire géographique, les populations animales ne se multiplient jamais au centre de l'aire jusqu'à une limite supérieure qui conduirait à l'autodestruction ou à une limite inférieure qui entraînerait leur extinction.

Pour l'étude de cette variabilité, on utilise couramment chez certains arthropodes les tables de mortalité (DAJOZ, 1974). Dans le cas de *M. unipuncta*, comme nous l'avons déjà vu précédemment, il se pose pour cette étude de nombreux problèmes: difficulté d'établir avec rigueur l'âge de la mort des différents stades de la noctuelle, inexistence d'une méthode d'échantillonnage pratique des oeufs et des stades larvaires les plus jeunes,

non visibilité des nymphes, enfoncées dans le sol à quelques millimètres de la surface, vol rapide des adultes sur de grandes distances.

Quand on utilise les tables de mortalité on suppose que la population n'est pas influencée par des phénomènes de groupe, comme les mouvements migratoires, et que son effectif est stable impliquant un taux de reproduction et de mortalité constant (DAJOZ, 1974). Nous avons vu précédemment que chez *M. unipuncta* les variations saisonnières d'abondance sont liées aux particularités physiologiques de l'espèce et aux facteurs physiques. Dans les pâturages, l'abondance saisonnière du ravageur est encore affectée par les pratiques culturales. Au moment de la coupe, par exemple, le changement très brutal du milieu va modifier les populations de l'insecte.

### 1- Les prédateurs

Sous le terme général de "prédateurs" on désigne toute espèce qui se nourrit aux dépens d'une ou plusieurs espèces. Normalement, les différents auteurs les considèrent moins spécifiques que les parasites. Ils peuvent jouer un rôle favorable dans le maintien de l'état sanitaire d'une population d'animaux proies lorsqu'ils éliminent les plus faibles. Ils contribuent aussi à enrayer les épidémies.

PAINE (1966) considère qu'il y a un plus grand nombre de prédateurs et parasites dans les régions tropicales que dans les régions tempérées, ce qui maintient les populations à un niveau où la compétition ne se manifeste plus. On pourrait ainsi expliquer le nombre très bas d'espèces trouvées aux Açores coexistant dans une même niche écologique.

Les prédateurs entomophages que nous avons remarqué durant l'échantillonnage larvaire de *M. unipuncta* sont les Coleoptères, surtout du genre *Calosoma* sp. (Carabidae), les fourmis et les forficules qui s'attaquent surtout aux oeufs et aux chenilles. La part du contrôle effectuée par ces entomophages n'a pu être quantifiée dans ce travail. Une simple étude de laboratoire à 25°C, 75% d'humidité relative et 16 heures de

lumière, nous a cependant montré qu'un seul *Calosoma* peut détruire 50 chenilles de différents stades ( $\pm 10$  chenilles) de *M. unipuncta* par jour.

Dans les pâturages à fortes densités de chenilles, on observe des bandes d'étourneaux (*Sturnus vulgaris granti*), transportant dans leur bec des chenilles. ANUNCIADA (1984) signale d'autres oiseaux prédateurs aux Açores: le goéland argenté (*Larus argentatus* L.), le merle (*Turdus merula*) et le pinson (*Fringilla coelebs morletti*). Selon FURTADO (communication personnelle), on peut trouver dans cette classe d'autres insectivores: le rouge gorge (*Erythacus rubecula*) et la fauvette-à-tête-noir (*Sylvia atricapilla*). Parfois on y voit aussi, la bergeronette *Motacilla cinerea* et l'oiseau marin "la Mouette rieuse" *Larus ridibundus*, qui restent chez nous pendant le période comprise entre Novembre et Mars. AVASTHY & CHAUDARY (1965) indiquent que dans la région de Lucknow (Inde) les oiseaux prédateurs de *M. unipuncta* sont *Bulbucus ibis* et *Acridotheres tristis*.

Le principal destructeur des stades pré-imaginaux de *M. unipuncta* dans les pâturages reste sans conteste le bétail.

## 2- Les parasites

Les espèces n'accroissent pas indéfiniment leurs effectifs, car un contrôle naturel des populations intervient dans leur dynamique: les relations hôte/parasite et hôte/prédateur jouent un grand rôle dans cette régulation (NICHOLSON, 1933; LACK, 1954; THOMPSON, 1956; SOLOMON, 1957; De BACH, 1958; HUFFAKER, 1958; HUFFAKER *et al.* 1964). Ces relations dépendent en grande partie des caractéristiques biologiques de l'hôte: mobile ou sédentaire. Selon HOLLING (1959), on peut distinguer deux types de réponses du prédateur vis-à-vis de la proie: la réponse fonctionnelle, représentée par l'augmentation du nombre de proies consommées par le prédateur, lorsque la densité de la proie augmente, et la réponse numérique ou changement de densité du prédateur, lorsque le nombre de proies augmente.

Les parasites connus de *M. unipuncta* sont nombreux. Nous donnons (tab. 10) la liste de 120 espèces groupées essentiellement à partir des travaux de différents auteurs: THOMPSON (1945), BREELAND (1958), ZIMMERMAN (1958), CHUNG-LO (1959), GUPPY (1967), GUPPY & MILLER (1970), RADISSON & MASSON (1974), VIEIRA (1987), XIN-CHUN (1987). L'opinion de tous ces auteurs est que les parasites jouent un rôle important dans le contrôle naturel de cette espèce.

La majorité des espèces de cette liste sont des Hyménoptères (35 Ichneumonidae, 20 Braconidae, 4 Pteromalidae, 3 Scelionidae, 2 Eulophidae, Chalcididae et Trichogrammatidae, respectivement, 1 Elasmidae et 1 Eurytomidae). Les autres parasites recensés sont des Diptères (47 espèces de Tachinaires). Malgré le faible nombre de oophages du genre *Trichogramma* trouvé jusqu'ici sur *M. unipuncta* ces parasitoïdes seront étudiés, dans la prochaine partie de ce travail, en vue de leur introduction aux Açores.

Aux Açores, le parasite larvaire *Apanteles militaris* WALSH. (GARCIA & TAVARES, 1980; ANUNCIADA, 1984) est le responsable de la majorité du parasitisme quantifié de *M. unipuncta*, ce qui a également été relevé aux U.S.A. par BREELAND (1958), CALKINS & SUTTER (1976). Cet Hyménoptère fait désormais l'objet aux Açores d'une étude au niveau biologique et génétique en vue de le produire en masse pour le libérer dans les champs afin de renforcer les populations naturelles.

*A. militaris* parasite les stades les plus jeunes des chenilles de *M. unipuncta*, il dépose ses oeufs dans la chenille. Ils éclosent et donnent naissance à des larves qui se nourriront de la chenille. La chenille de *M. unipuncta*, parasitée, continue à s'alimenter et nous avons même observé que la consommation de l'herbe semble plus intense lors des premiers jours du parasitisme.

Les larves d'*A. militaris*, arrivées au dernier stade, perforent les tissus de la chenille arrivée à la fin de son développement et qui meurt peu après. Les larves du parasite s'échappent par les orifices, elles se transforment en pré-nymphes qui construiront un cocon de nymphose. On observe généralement deux groupes de cocons un de chaque côté du cadavre de l'hôte. Le cycle du parasite, selon CALKINS & SUTTER (1976), a une durée de 31.6, 20 et 12.5 jours aux températures respectives de 21, 24 et 27°C.

ORDRE	FAMILLE	ESPECE
Diptera	Tachinidae	<p> <i>Achaetoneura aletiae</i> Riley  <i>A. archippivora</i> Will.  <i>Actia nigrifula</i> Mall.  <i>Arhytas analis</i> F.  <i>A. apicifer</i> Wlk.  <i>A. cinerea</i> Coq.  <i>A. piliventris</i> Wulp.  <i>Belvosia unifasciata</i> R.  <i>Blaesoxipha hunteri</i> Hough.  <i>Carcelia kockiana</i> Uns.  <i>Chaetogaedia monticola</i> Big.  <i>Compsilura concinnata</i> Mg.  <i>C. cocinnata sumatrensis</i> Tns.  <i>Cuphocera pilosa</i> Mall.  <i>C. varia</i> F.  <i>D. paradoxum</i> B.B.  <i>Exorista civiloides</i> Bar.  <i>E. mella</i> Wlk.  <i>E. larvarum</i> L.  <i>Eucelatoria rubentis</i> Coq.  <i>Euphorocera claripennis</i> Macq.  <i>Gaediogonia jacobsoni</i> Tns.  <i>Helicobia rapax</i> Wlk.  <i>Lespesia aletiae</i> Riley  <i>L. archippivora</i> Riley  <i>L. melalophae</i> Aleen  <i>Linnaemyia nigripalpus</i> Tyron  <i>Madremyia saundersii</i> Will.  <i>Nemorilla anomala</i> Vill  <i>Patelloa leucaniae</i> Coq.  <i>Peleteria texensis</i> Cn.  <i>Phorocera claripennis</i> Macq.  <i>P. leucaniae</i> Coq.  <i>Phryxe vulgaris</i> Fall.  <i>P. pecosensis</i> Tnsd.  <i>Plagiomima spinosula</i> Big.  <i>Prosopaca paradoxa</i> B.B.  <i>Sturmia albifrons</i> Walk.  <i>S. bimaculata</i> Hig.  <i>S. inconspicua</i> Mg.  <i>S. inconspicoides</i> Bar.  <i>Triachora unifasciata</i> R.D.  <i>Tritaxys heterocera</i> Macq.  <i>Wagneria carbonaria</i> Panz.  <i>W. sequax</i> Will.  <i>Winthemia quadripustulata</i> F.  <i>W. rufopicta</i> Big. </p>
Hymenoptera	Braconidae	<p> <i>Aparteles belliger</i> Wilkn.  <i>A. flaviconchae</i> Riley  <i>A. forbesi</i> Vier.  <i>A. laeviceps</i> Ashm.  <i>A. limenitidis</i> Riley  <i>A. marginiventris</i> Cress.  <i>A. militaris</i> Walsh  <i>A. ruficrus</i> Hal.  <i>A. rufocoxalis</i> Riley  <i>Meteorus autographae</i> Mues.  <i>M. communis</i> Cress.  <i>M. laphygmae</i> Vier.  <i>Microgaster auripes</i> Prov.  <i>Microplitis alaskensis</i> Ashm.  <i>M. melianae</i> Vier.  <i>M. varicolor</i> Vier.  <i>Rogas aciculatus</i> Cress.  <i>R. atricornis</i> Cress.  <i>R. politiceps</i> Gahn.  <i>R. terminalis</i> Cress. </p>

Hymenoptera	Ichneumonidae	<i>Acrolyta nigricapitata</i> C.&Dav. <i>Campoletis oxylus</i> Cress. <i>Craichneumon brevipennis</i> Cr. <i>Cryptus albivarsis</i> Cress. <i>Ericospilus purgatus</i> Say. <i>E. skeltoni</i> Kirby <i>Exephanes leucaniae</i> Tryon <i>Gelis minimus</i> Walsh. <i>Hyposoter annulipes</i> Cress. <i>H. exiguae</i> Vier. <i>Ichneumon ambulatorius</i> F. <i>I. annulatorius</i> F. <i>I. canadensis</i> Cress. <i>I. koebelei</i> Sw. <i>I. leucaniae</i> Fitch <i>I. sarcitoris</i> BERTH. <i>Lissopimpla semipunctata</i> Kirby <i>Lysibia nanus</i> Grav. <i>Melanichneumon leucaniae</i> Uch. <i>M. brevicinctor</i> Say. <i>Meloboris marginata</i> Prov. <i>Mesochorus discutergus</i> Say. <i>M. albopictus</i> Smith <i>Netelia geminata</i> Say. <i>N. ocellata</i> Vier. <i>N. sayi</i> Cush. <i>Paniscus geminatus</i> Say <i>P. productus</i> Brulle <i>Phaeogenes hebrus</i> Cress. <i>Pimpla pedalis</i> Cress. <i>Spilichneumon superbus</i> Prov. <i>Therion sassacus</i> Vier. <i>Theronia rufipes</i> Tryon
Hymenoptera	Chalcididae	<i>Halichella perpulcra</i> Walsh. <i>Spilochalcis albifrons</i> Walsh.
Hymenoptera	Eulophidae	<i>Euplectrus mellipes</i> Prov. <i>E. plathytenae</i> How.
Hymenoptera	Elasmidae	<i>Elasmus nigripes</i> How.
Hymenoptera	Eurytomidae	<i>Eurytoma striatifacios</i> Cir.
Hymenoptera	Pteromalidae	<i>Eupteromalus tachinae</i> Gahh. <i>E. viridescens</i> Walsh <i>Catolaccus aeneoviridis</i> Gir. <i>C. cyanoideus</i> Burks
Hymenoptera	Scelionidae	<i>Telenomus minimus</i> Ashm. <i>T. cirphivorus</i> Liu <i>T. guangdongensis</i> Liao
Hymenoptera	Trichogrammatidae	<i>Trichogramma minutum</i> Riley <i>T. rhenana</i> Voeg. & Rus.

Tableau 10: Parasites de *M. unipuncta*, signalés dans la littérature par différents auteurs.

Les résultats d'une étude de la dynamique des populations d'*A. militaris*, au stade nymphal, sont présentés pour les deux localités de São Miguel: Arribanas (fig. 72) et Altiprado (fig. 73). Les parasites ont été recensés au moment des échantillonnages des larves du ravageur et nous donne ici le nombre de cocons par unité de surface. Le nombre de parasites par chenille est très variable, de 20 à 120.

Généralement, *A. militaris* apparaît l'été et l'automne, accompagnant avec une certaine décalage les générations de *M. unipuncta*. Quelques exceptions apparaissent vers le

début de la 1ère génération et vers la fin de la 2ème et 3ème générations du ravageur. Les cocons d'*A. militaris* s'observent encore quelques semaines après la fin des générations du ravageur.

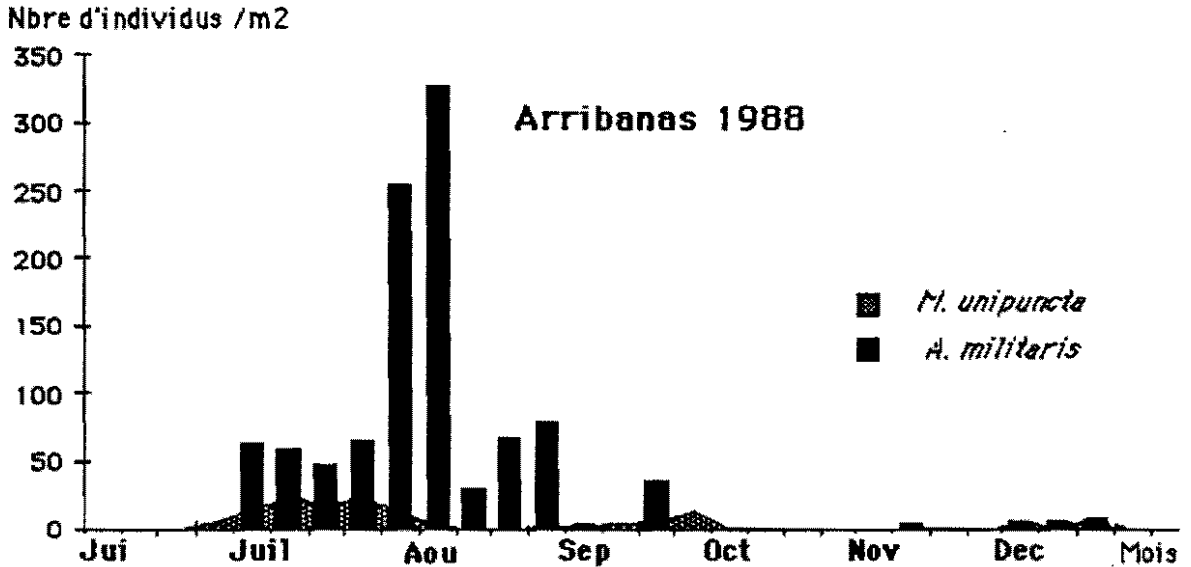


Figure 72: Nombre de nymphes d'*A. militaris* /m<sup>2</sup> comparé à celui des larves de *M. unipuncta* observées durant l'été et l'automne à Arribanas.

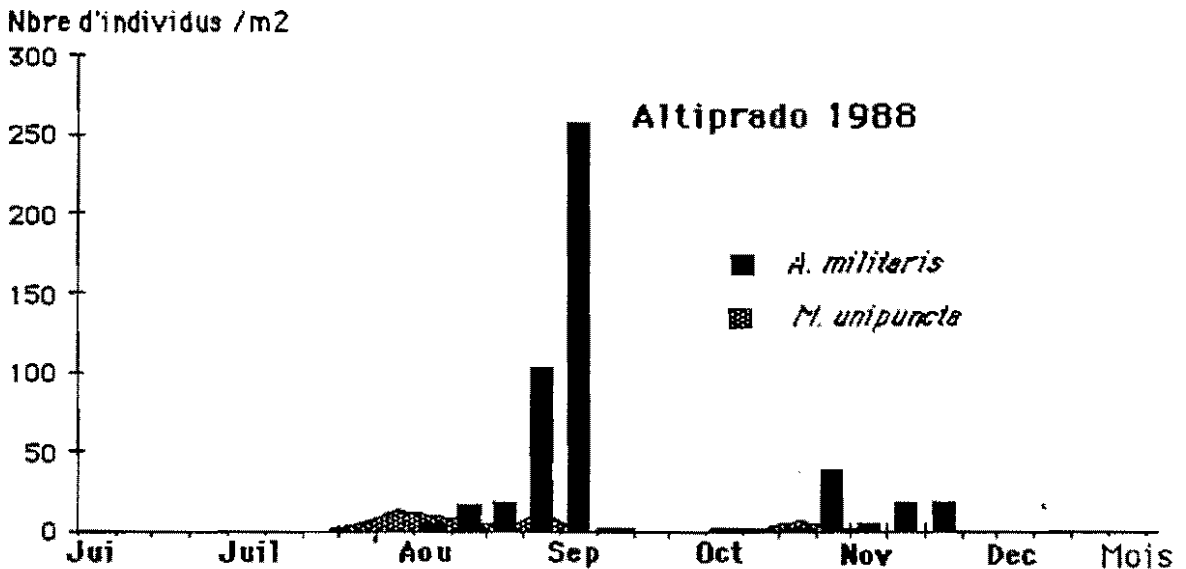


Figure 73: Nombre de nymphes d'*A. militaris* /m<sup>2</sup> comparé à celui des larves de *M. unipuncta* observées durant l'été et l'automne à Altiprado.

*A. militaris* est plus précoce à Arribanas (moyenne altitude) qu'à Altiprado (haute altitude). Dans la localité la plus basse, les niveaux de la population du parasite sont

généralement plus élevés. Le contrôle de *M. unipuncta* par *A. militaris* est très variable: de l'ordre de 20 % ( $\pm 10$ ).

En dehors d'*A. militaris*, nous avons observé très rarement aux Açores des larves de *M. unipuncta* monoparasitées par le Braconidae *Meteorus communis* CRESS, qui s'échappe à l'avant dernier ou au dernier stade de la chenille (ANUNCIADA, 1984), forme un cocon de couleur jaune suspendu par une fine soie tissée après une herbe, ou directement après le cadavre de la chenille. *L'Ichneumon sarcitorius* Var. *fumipennis* BERT parasite les nymphes de *M. unipuncta*.

### 3- Les germes entomopathogènes

Seules quelques espèces bactériennes se sont révélées être de véritables auxiliaires pour la lutte contre les insectes ravageurs des cultures: *Bacillus thuringiensis*, *B. popilliae*, *B. lentimorbus*, *B. sphaericus*... "Des virus entomopathogènes, souvent responsables d'épizooties spectaculaires, ont été caractérisés plus récemment. Il s'agit essentiellement de baculovirus à polyèdres nucléaires ou à granules" FERRON (1983).

La mortalité due aux maladies est souvent une fonction croissante de la densité d'hôtes (Mc FADYEN, 1963) et elle joue aussi un rôle important dans la régulation des populations d'insectes. Les nombreux cas de succès enregistrés en lutte biologique à l'aide de champignons ou de virus pathogènes vont dans ce sens. MARTINEAU (1962) donne l'exemple de la tenthrède européenne *Diprion hercyniae*, signalée la première fois au Canada en 1930 qui un an plus tard a occupé une superficie de 2.000 milles carrés dans la péninsule de Gaspé. Les années suivantes elle s'est répandue dans presque toutes les forêts d'épicéa de l'Est de l'Amérique, causant des dégâts considérables. L'invasion prit fin en 1940, grâce à l'apparition d'une maladie à virus. Depuis cette date les populations se maintiennent à un niveau acceptable.

Chez *M. unipuncta*, différents auteurs (TANADA, 1959; RAUN, 1961; CROIZIER & MEYNADIER, 1973; TANADA & TANABE, 1964; CHANG & TANADA, 1978; YAMAMOTO & TANADA, 1979; KAYA, 1980; RITTER *et al.* 1982)

ont isolé différentes souches de virus qui infectent les chenilles, surtout les plus jeunes plus susceptibles d'être infectées par les maladies. Après l'infection, les chenilles meurent à différents stades suivant la dose de virus reçue, parfois au stade imaginal. Selon TANADA & TANABE, (1964), des microsporides causent aux Hawaii 23% de la mortalité larvaire des insectes.

Selon RODRIGUEZ-RUEDA (1979), les résultats obtenus durant les mois de Septembre et d'Octobre 1973 dans le Sud-Ouest de la France, à la suite d'une enquête épidémiologique sur les dernières stades larvaires (L4 à L6) et chrysalides de *M. unipuncta*, montrent que le germe prédominant est la granulose qui existe à l'état endémique dans certains biotopes, à l'état épidémique dans d'autres. Cet auteur montre aussi que:

- dans tous les cas la fréquence de bactéries diverses est élevée; il ne fait pas de doute que parmi les cocci, les bacilles, dont quelques uns du type *cereus*, sont rarement de véritables pathogènes;
- dans 3 biotopes, St Martin de Hinx (2) et Marais d'Orx (1), la présence des granules est fréquente;
- la polyèdrose nucléaire n'a été trouvée que dans 2 populations et à un niveau extrêmement faible (1,9 et 5,2%);
- la présence d'éléments cryptogamiques est variable et atteint dans certains cas 20%;
- dans quelques biotopes, notamment Dax et St Martin de Hinx, la fréquence des protozoaires est proche de 10%.

En ce qui concerne le parasitisme observé, il touche 2 à 3 % des insectes collectés, il est essentiellement dû à des Hyménoptères (*Meteorus* sp. et *Apanteles* sp.) et à des Diptères.

Aux Açores, ce n'est qu'au début de 1988 qu'une enquête épidémiologique sur *M. unipuncta* a débuté avec la collaboration de la Station de Recherches de Lutte Biologique de la Minière (INRA). Cependant, dès 1972, TANADA a relevé chez cet insecte trois virus: polyèdrose nucléaire, granulose et polyèdrose cytoplasmique (FAGUNDES, 1976). Dans les pâturages, quand la densité larvaire est importante, surtout en été, on trouve dans la partie terminale des feuilles de graminées des chenilles de *M. unipuncta* sèches à la suite d'infestations probablement dues à des virus ou à des bactéries.

#### 4- Destruction par piétinement du bétail

##### a) Matériel et méthode

La destruction de la population de *M. unipuncta* par les pattes des bovins et par le passage des machines agricoles est très évidente dans les pâturages. Nous l'avons démontré en libérant des groupes de 100 chenilles à Remédios (élevées au laboratoire sur milieu artificiel mis au point par POITOUT & BUES, 1970) à divers stades de leur développement dans certaines zones, prises au hasard, quelques moments avant l'entrée du bétail sur la prairie (ces chenilles présentent, par rapport à celles des prairies, une couleur plus clair). Après les 12 heures de pâture, les observations dans l'endroit de libération, aussi comme tout l'aire autour, montrent que 45 à 60% des chenilles sont détruites par piétinement ou consommées par le bétail avec la végétation (fig. 74).

Le bétail détruit probablement par piétinement et consommation une importante quantité de pontes et de nymphes de *M. unipuncta*. C'est pourquoi l'une des premières mesures de combat préventif à prendre est de faire entrer le bétail dans la parcelle attaquée par le ravageur. Elle doit être appliquée le plus souvent possible pendant les saisons d'été et l'automne. Ce n'est qu'après cette pâture bien organisée que l'on doit décider du recours ou non à d'autres traitements dans le cas où il subsisterait encore une trop forte population de chenilles.

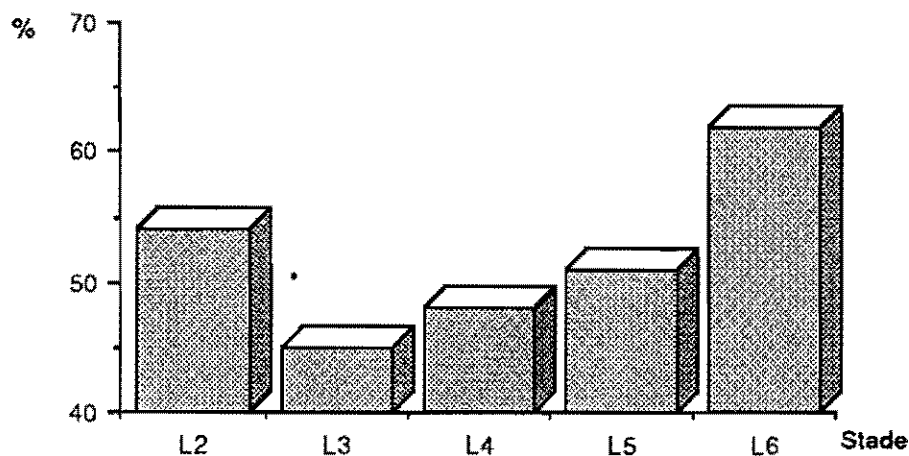


Figure 74: Destruction moyenne des chenilles à différents stades de *M. unipuncta* par piétinement ou ingestion par le bétail pendant 12 heures de pâture (5 répétitions).

Par ailleurs, nous avons constaté qu'une très courte coupe de la végétation expose les insectes à des facteurs indésirables (rayonnement solaire, pluie, etc.), qui modifient leur développement ultérieur.

Malheureusement, au début de l'été, les éleveurs laissent l'herbe des prairies pousser plus longtemps de manière à pouvoir effectuer une coupe mécanique plus importante qui sera destinée au fourrage sec ou vert. Ce dernier est conservée par fermentation anaérobie dans des silos. Cette pratique agricole entraîne une absence prolongée du bétail de l'ordre de 3 à 4 semaines, qui sera très favorable au développement et à la reproduction de l'insecte. Ce sont ces parcelles qui sont effectivement les plus contaminées par *M. unipuncta*.

### 5- Mortalité larvaire et nymphale

Selon GUPPY (1969), la mortalité des stades préimaginaux est très faible (inférieure à 15%) pour les températures comprises entre 13 à 25°C. Pour les autres températures, situées aux limites létales (supérieure et inférieure), la mortalité peut varier entre 15 et 100% (fig. 75).

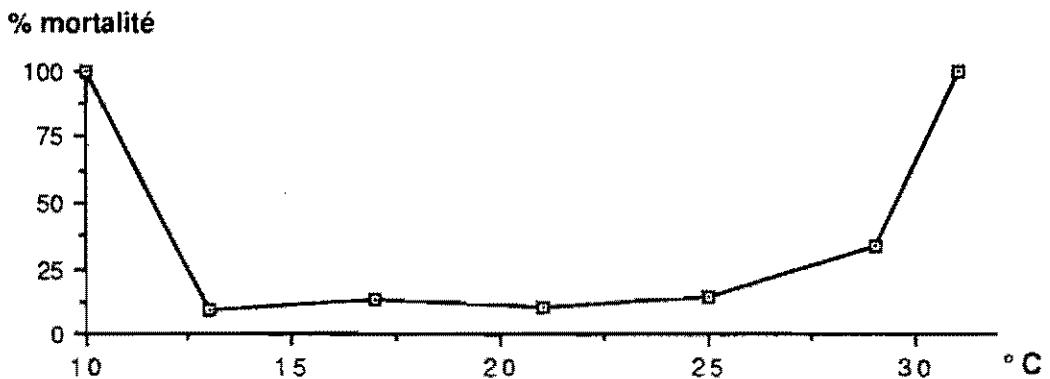
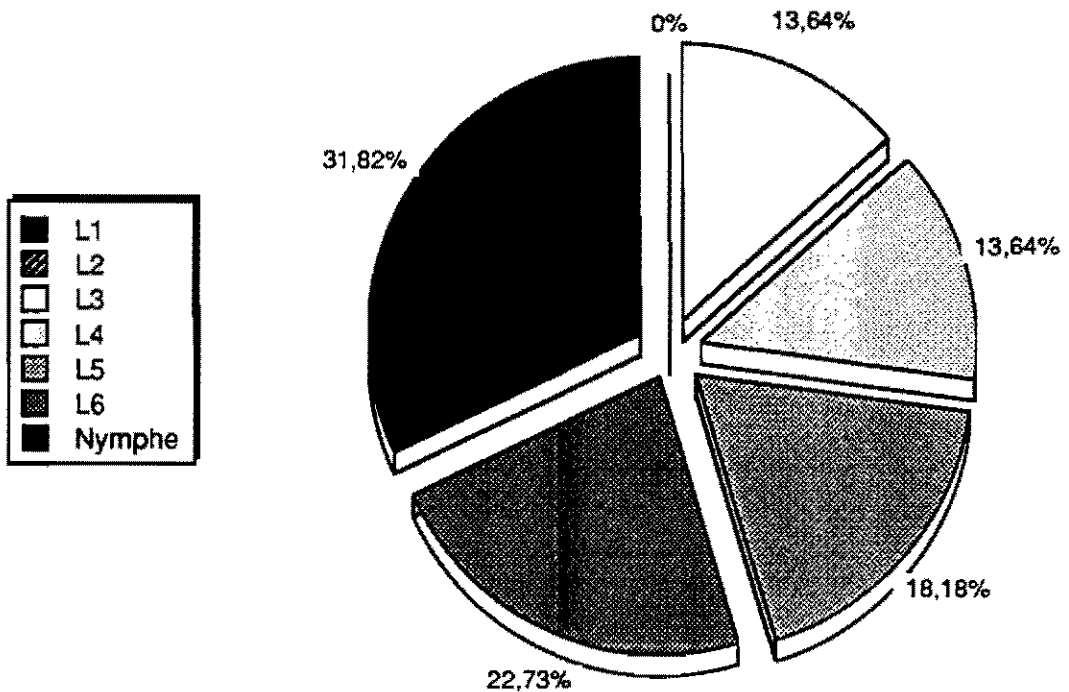


Figure 75: Pourcentage d'individus morts à différentes températures aux stades pré-imaginaux de *M. unipuncta* (GUPPY, 1969).

VIVAS (1974) a discriminé des valeurs liées à la mortalité aux différents stades pré-imaginaux de *M. unipuncta*, à la température constante de 20°C, 65% d'humidité relative et 24 heures de lumière (fig. 76).



**Figure 76:** Pourcentage de mortalité des stades pré-imaginaux de *M. unipuncta* (VIVAS, 1974).

La mortalité est nulle jusqu'au 3ème stade larvaire. Elle passe à 13 % aux 3ème et 4ème stades, et à 18 et 23 % aux 5ème et 6ème stades respectivement. Le plus fort pourcentage de mortalité, 32%, est observé chez les nymphes.

## 6- Les traitements chimiques

Une des perturbations majeures apportée à l'action des Arthropodes est l'utilisation des pesticides au sens large. Normalement, on connaît déjà le degré de nocivité des insecticides vis-à-vis certains ravageurs, mais on ignore encore l'action de ces produits sur la plus grande partie des auxiliaires. En l'absence d'autres méthodes de contrôle, l'emploi des pesticides est très courant aux Açores pour lutter contre *M. unipuncta*.

À partir du suivi des stades larvaires et de la faune auxiliaire, on peut prévoir s'il y a lieu ou non d'intervenir chimiquement. Cette intervention doit être réalisée au plus tôt possible, avant que la majorité des chenilles n'atteignent le dernier stade larvaire, que comme nous avons vu précédemment (fig 63) est le responsable de plus de 50 % des dégâts (fig. 77).

L'exemple des interventions exécutées à Altiprado (4ème parcelle) illustre bien ce fait. Plus de 90% de la population était aux stades les plus jeunes (L1 à L4) et en conséquence les dégâts ont été extrêmement faible. Dans les parcelles 2 et 3, la majorité des stades larvaires avaient atteint les deux derniers stades et l'on a observé quelques dégâts, surtout dans la 3ème parcelle où 45% des chenilles étaient au dernier stade.

Pour les raisons déjà énoncées, une organisation méthodique de la pâture représente donc la première des mesures de lutte contre *M. unipuncta*. Ce n'est qu'en cas d'insuffisance de celle-ci que l'on devra recourir au traitement insecticide.

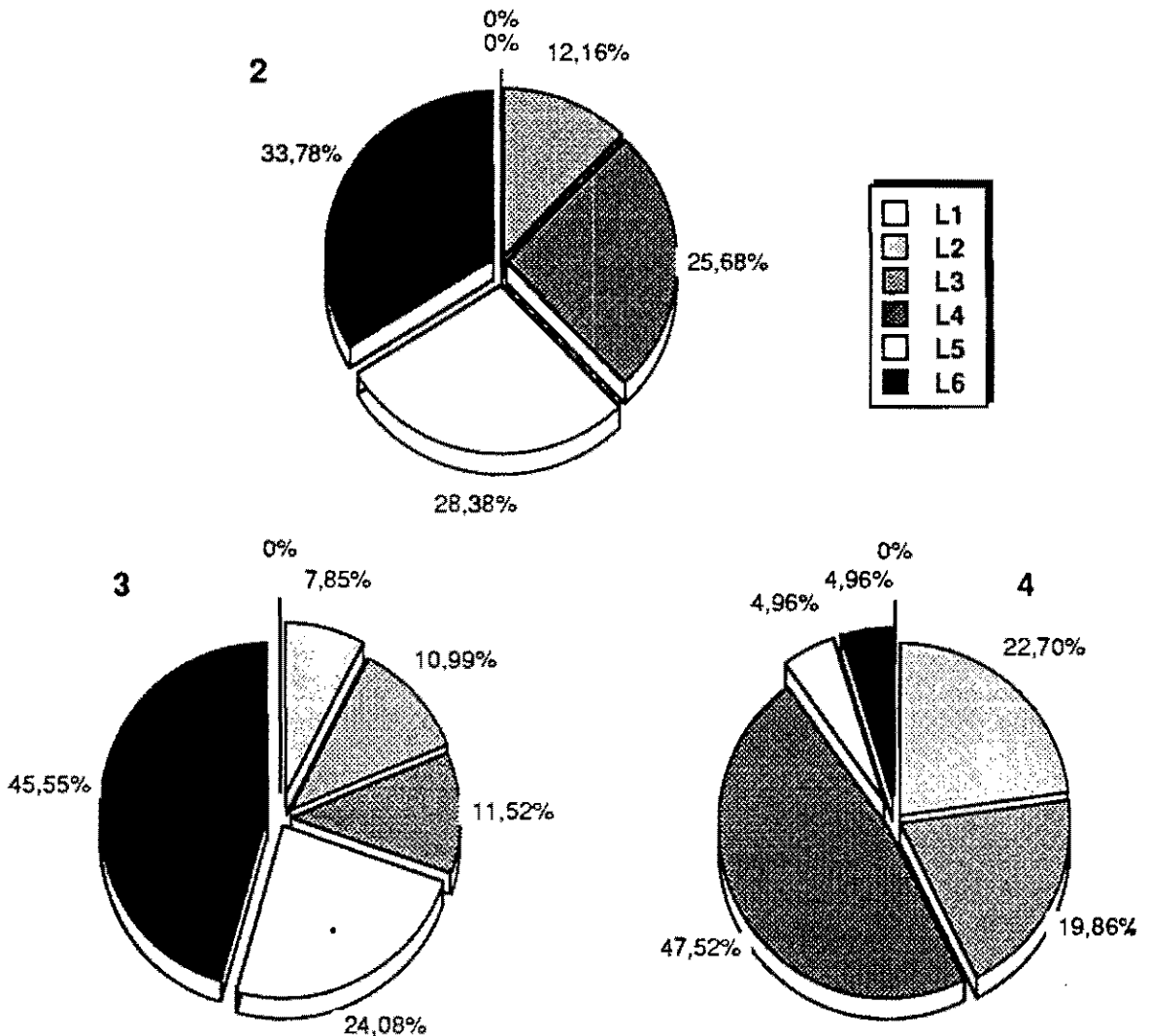


Figure 77: Pourcentage, de chaque stade larvaire (L1 à L6) de *M. unipuncta*, au moment des traitements insecticides dans les parcelles 2, 3 et 4 à Altiprado en 1988.

## G- CONCLUSIONS

Cet ensemble de résultats nous montre que nous sommes en présence, avec *M. unipuncta*, d'une Noctuelle dont les populations ont les conditions pour être abondantes au niveau de l'archipel.

Sa situation aux Açores, par rapport à celle qu'elle occupe dans les nombreux autres pays qui encadrent l'archipel, est assez originale. Elle trouve en effet, dans cette région couverte de prairies riches en graminées et réputée pour la douceur de son climat, des conditions très favorables à son développement durant toute l'année.

En ce qui concerne la dynamique des populations de *M. unipuncta*, les 10 années de prospections et de captures réalisées hebdomadairement dans l'île de São Miguel mettent à notre disposition un échantillonnage très fiable, soit au niveau imaginal grâce au piège lumineux (préférable au piège sexuel par le nombre de ses captures et sa sensibilité de réponse), soit au niveau larvaire où il s'est avéré qu'il faut faire appel à des unités d'échantillonnage de surface relativement réduites au 1/4 de m<sup>2</sup>.

La dynamique des populations de *M. unipuncta*, bien que très hétérogène dans un même biotope, est sous la dépendance des facteurs abiotiques très dépendants de l'altitude. Généralement, dans les pâturages de basse altitude on distingue à la fin du printemps la 1ère génération suivie des deux autres durant l'été, auxquelles succèdent durant l'automne et début de l'hiver, deux autres générations. Au fur et à mesure qu'on s'élève en altitude le nombre de générations décroît et se limite à deux à partir de 600 mètres d'altitude.

La grande capacité de vol de cet insecte doit jouer un rôle important dans la variabilité observée intrapopulations, entre générations et au niveau de chaque parcelle, modifiant sans cesse les foyers d'attaque du ravageur d'un moment de l'année et d'une année à l'autre. Cette variabilité des vols limite par conséquent les possibilités du contrôle des populations au stade imaginal et conduit à lui préférer celui de l'échantillonnage au stade larvaire.

L'étude du contenu des ovaires nous a permis de suivre la maturation ovarienne des femelles tout au long de l'année et de montrer que les femelles étaient toutes fécondées en hiver, pas du tout en automne et de manière variable en saison chaude.

Les causes principales de mortalité de *M. unipuncta*, dues au piétinement et la consommation de l'herbe des prairies par le bétail, ont pu être quantifiées. Les données ainsi recueillies nous permettent de recommander aux éleveurs plus d'alternance et des coupes chronologiquement rapides en prairie, surtout pendant l'été. La mise en pratique de cette méthode et son intensification, a déjà permis d'éviter la polifération du ravageur dans les parcelles situées à Altiprado.

Parmi les principaux facteurs de régulation du ravageur, on trouve *A. militaris*, un parasite larvaire très répandu dans les prairies et responsable de la destruction d'un nombre élevé de chenilles mais, l'hôte parasité continue à s'alimenter jusqu'au dernier stade larvaire continuant ses dégâts. D'autres parasites et prédateurs sont présents mais leur action est faible.

L'estimation des dégâts dans une culture permanente, comme celle des prairies périodiquement sujette à la pâture, révèle que les dommages dus à *M. unipuncta* sont surtout importants l'été. Ils correspondent au volume estimé d'un mois de pousse de l'herbe, au moment de la production maximale végétale de la prairie. Une telle perte est très lourde pour une économie insulaire comme celle de l'archipel des Açores (un million et soixante dix mil contos = 43.673.469 FF). Ces chiffres mettent en évidence l'urgence d'utiliser les moyens de lutte intégrée pour lutter contre ce ravageur.

### III- LES TRICHOGRAMMES

#### A - GÉNÉRALITÉS

Le rôle des entomophages dans la régulation et le contrôle des ravageurs est connu depuis longtemps (DeBACH, 1965). L'utilisation des parasitoïdes oophages, notamment du genre *Trichogramma*, est particulièrement intéressante car elle permet de détruire le ravageur avant qu'il ne commette de dégâts. On peut multiplier ces auxiliaires en masse, à peu de frais, à partir d'hôte(s) de substitution dont l'élevage est réalisable à l'échelle industrielle sous la forme de véritables biofabriques. Les Trichogrammes sont des insectes de petite taille de l'ordre du millimètre.

Le nom *Trichogramma* provient des racines grecques: trikhos = cheveu et grammê = trait, leurs ailes étant effectivement recouvertes de soies disposées en lignes.

Le début d'utilisation de ces oophages remonte probablement au siècle dernier, avec la multiplication artificielle effectuée par ENOCK (1895). En France, MARCHAL (1936) étudie le cycle de *T. cacoeciae* sur les ooplaques de *M. brassicae*.

L'effectif généralement faible des populations d'entomophages, au moment où le ravageur commence à apparaître a suggéré que l'on effectue des lâchers importants d'effectifs de ces parasitoïdes afin de rétablir l'équilibre numérique du couple hôte/parasitoïde. Ce type d'introduction a été appelé "colonisation périodique" (WILSON, 1966).

L'utilisation des Trichogrammes en tant que "biopesticide" présente les avantages suivants:

- absence totale de pollution de l'environnement (les parasitoïdes étant, après leur mort biodégradables, innocuité assurée pour l'utilisateur),
- préservation de la faune utile, en raison de leur spécificité relative quant aux espèces entomologiques à préserver
- facilité d'utilisation, du fait de leur très faible poids,
- destruction précoce du ravageur à un stade avant qu'il n'ait commette de dégâts,
- grande mobilité et une remarquable capacité de recherche,

- facilité et rapidité de multiplication, développement pré-imaginal de l'ordre de 11 jours à 25°C,
- bas prix de production et d'utilisation (souvent inférieur ou égal à celui des traitements insecticides) grâce à l'utilisation de technologies connues,
- possibilité de stockage de longue durée à l'état pré-nympheal sans perte des potentialités,
- absence de résistance reconnue de la part de leur hôtes.

Plusieurs millions d'hectares de cultures sont actuellement traités dans le monde avec les Trichogrammes (fig. 78). Dans la Communauté Européenne, les travaux entrepris en 1972 par l'équipe de J. VOEGELÉ à la Station de Zoologie et de Lutte Biologique d'Antibes (France) sur la pyrale du maïs ont été repris par différents chercheurs en Allemagne Fédérale, Suisse, Italie, Autriche et au Portugal.

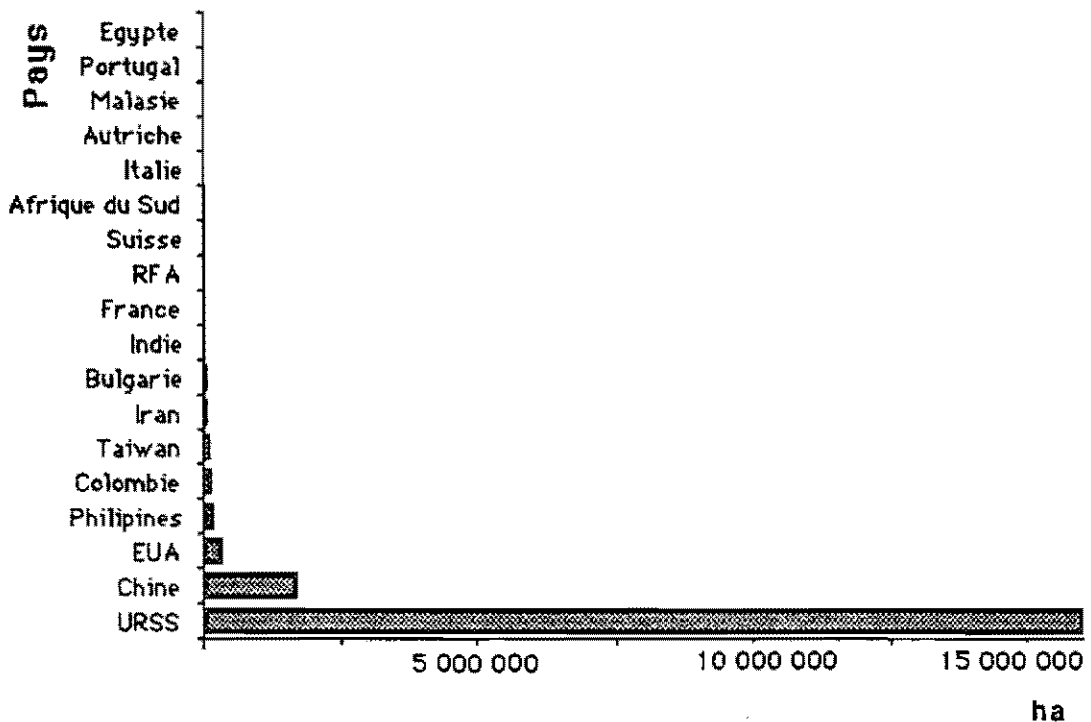


Figure 78: Classement des Pays en fonction de la surface agricole traitée à l'aide de Trichogrammes, (chiffres empruntés à "Trichogramma News, 1988").

Des échecs observés dans l'emploi de ces oophages trouvent leur origine dans l'insuffisance des connaissances aux niveaux biologique et systématique (JOURDHEUIL, 1978). Le succès de leur utilisation ne peut être atteint que par le respect de certains paramètres biologiques et réside plus particulièrement dans le choix de l'espèce la mieux

adaptée, l'utilisation d'un hôte de substitution performant, la maîtrise de la qualité tout au long de la production et de l'utilisation de ces oophages, qui peuvent être stockés au froid à l'état de prénymphe en diapause (VOEGELÉ, 1981; VOEGELE *et al.*, 1986).

Les insectes/hôtes recherchés par les Trichogrammes sont surtout des Lépidoptères appartenant principalement aux Noctuidae (*Heliothis* OCHSENHEIMER), aux Pyralidae (*Ostrinia* HÜBN., *Chilo* ZINCKEN) et aux Tortricidae (*Laspeyresia* HÜBN.). Ce sont des ravageurs redoutables des cultures (maïs, coton, canne à sucre, riz, pommier, olivier, oranger, soja, graminées des prairies, betterave, chou, tomate, pois, pins, yuccas, etc).

On doit à FERREIRA (1980) et ANUNCIADA (1984) d'avoir fait un premier tri, dans une trentaine de souches disponibles à Antibes et à l'aide d'un olfactomètre à diffusion ce qui a permis de ne conserver que les espèces de Trichogrammes les plus attirées par *M. unipuncta*. Les espèces retenues furent *T. evanescens* WEST. et *T. minutum* RILEY. *T. evanescens*, souche n° 5 de l'élevage de l'INRA d'Antibes collectée en 1973, est originaire du Maroc où elle a été récoltée sur oeufs de *Prodenia litura* AUCT. (= *Spodoptera littoralis* B.). *T. minutum*, souche n° 68 de l'INRA qui provient du Mexique où elle a été récoltée par J. VOEGELÉ en 1975 également sur des oeufs de noctuelles. La première espèce est surtout présente en Europe, la deuxième en Amérique.

Pour effectuer des lâchers inondatifs de plusieurs centaines de milliers de Trichogrammes par hectare, un élevage de masse à grande échelle est indispensable. La réalisation de celui-ci comporte des contraintes qui portent essentiellement sur la nécessité de produire industriellement un agent biologique de qualité, efficace, à un coût compétitif avec celui de l'insecticide chimique.

Un tel élevage comporte deux contraintes: la multiplication de l'hôte et celle du parasite.

Rappelons que les Trichogrammes se multiplient aisément dans les oeufs de différents hôtes. *M. unipuncta* étant trop onéreux à produire, il y a lieu de faire appel à un hôte de substitution. Pour la Chine ce serait *Corcyra cephalonica* S. (BRENIERE, 1962; ABBAS & ANWAR, 1963) et *Attacus* (= *Cynthia*) *ricini* BOISD (PU & LIU, 1962) qui

donneraient les résultats les meilleurs. En URSS et dans de nombreux autres pays il a été choisi *S. cerealella* pour les commodités d'élevage (FLANDERS, 1930; HASSAN, 1981). En France le choix s'est fixé sur *E. kuehniella* car cette hôte présente des facilités d'élevage et le contrôle sanitaire y est permanent (DAUMAL *et al.*, 1975; VOEGELE, 1981). C'est pour ces mêmes raisons que nous avons choisi ce lépidoptère en essayant d'adapter l'élevage à nos conditions locales.

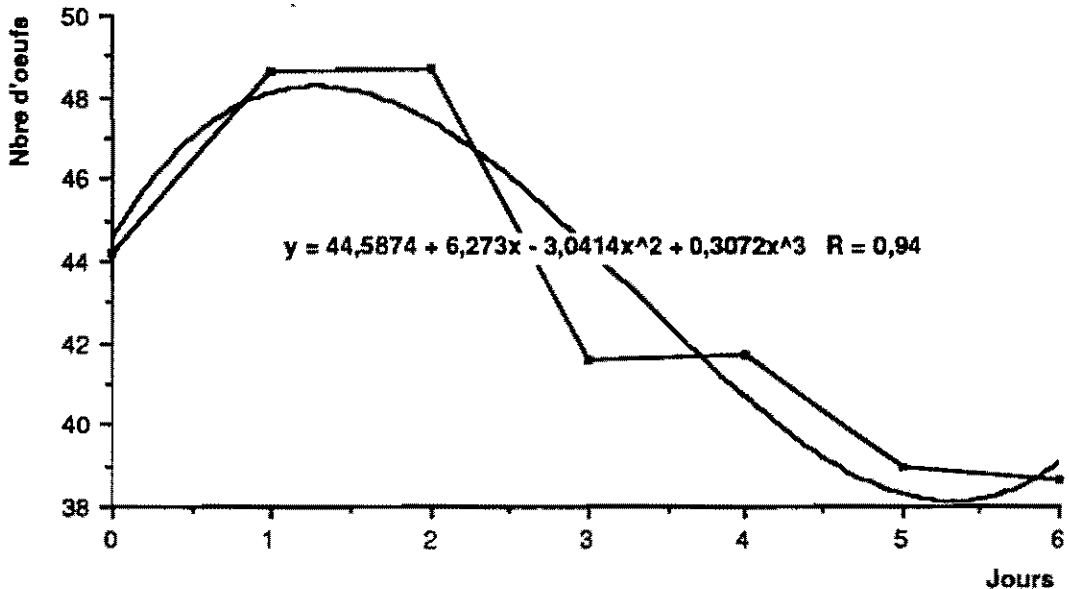
En ce qui concerne la production de l'oophage il y a lieu de tenir compte de l'effet fondateur, du relâchement de la sélection naturelle, de la sélection involontaire, de la dérive génétique et de la consanguinité (MACKAUER, 1972), ainsi que des effets de masse. Ce dernier peut entraîner une compétition intraspécifique qui, comme nous l'avons vu, correspond à la recherche d'une même ressource du milieu par divers individus d'une population (DAJOZ, 1974). La compétition intraspécifique, faible lorsque la densité de population est faible, ne se manifeste qu'à partir d'une certaine densité de population. Des chercheurs ont constaté une baisse d'efficacité de l'auxiliaire *T. evanescens* élevé en masse au laboratoire sur *E. kuehniella* (BIGLER *et al.*, 1982).

Il restait à déterminer l'efficacité de ces espèces dans les pâturages, à mettre au point leur multiplication intensive à partir d'un hôte de substitution, *Ephestia kuehniella* ZELLER (Lep., Pyralidae). Pour cette multiplication et une meilleure compréhension de l'activité des Trichogrammes en plein champ, certaines investigations ont dû être faites sur leur biologie, notamment sur la présentation de la ponte, compétition intraspécifique, la variabilité de la ponte, la longévité et le développement.

## B. RÉTENTION DE LA PONTE

Que ce soit au cours de leur production ou de leur activité dans la nature, il arrive souvent que les adultes aient à attendre des délais de quelques heures à 2 ou 3 jours, avant de disposer d'hôtes. Nous avons étudié cette rétention chez *T. evanescens*. La capacité parasitaire de cette espèce se maintient assez élevée pendant plusieurs jours. On

constate même un effet bénéfique de la rétention ovarienne durant les 2 premiers jours (fig. 79).



**Figure 79:** Influence de la durée de rétention des œufs sur la capacité parasitaire chez la femelle de *T. evanescens*. Courbe polynomiale positive.

La chute de fécondité constatée après 3 jours de rétention de ponte chez *T. evanescens* est plus nette que chez *T. embryophagum* et *T. buesi* (OLIVEIRA, 1987). Elle est due au phénomène de l'oosorption décrit par FLANDERS (1931) et GRASSE (1977) chez les Hyménoptères proovigeniques et par ANUNCIADA & VOEGELE (1982) pour les Trichogrammes.

### C- COMPÉTITION INTRASPÉCIFIQUE

Le pouvoir de discrimination (MARCHAL, 1936; SIMMONDS, 1956) est la capacité d'une femelle à reconnaître si l'œuf hôte est déjà parasité. Chez certaines espèces de Proctotrupides on observe en face d'œufs déjà parasités par une autre femelle de la même espèce, qu'au lieu d'une restriction de la ponte, l'activité parasitaire est accrue (VOEGELE, 1970). Nous voulions vérifier si la perte de discrimination se manifestait aussi chez les Trichogrammes avec un excès d'hôtes. Les résultats groupés dans la fig. 80

montrent que le nombre d'œufs parasités, pour chacune des espèces, est proportionnel au nombre de femelles présentes, du moins lorsque la densité des femelles est faible.

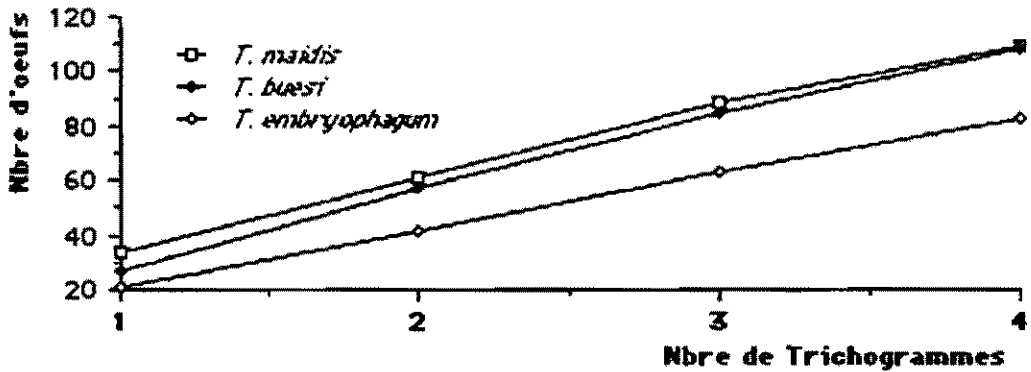


Figure 80: Activité parasitaire de trois espèces de Trichogrammes en compétition intraspécifique.

Les droites de régression ajustées sur cette relation sont significatives:

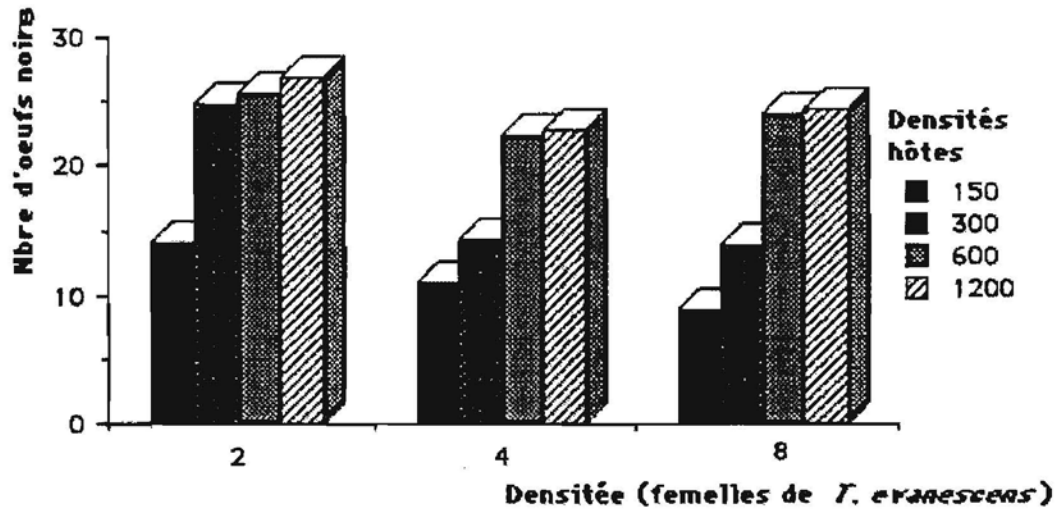
- *T. maidis*  $Y = 25.28 + 10.25x$  ( $R = 1.0$ )
- *T. buesi*  $Y = 27.08 + 1.35x$  ( $R = 1.0$ )
- *T. embryophagum*  $Y = 20.43 + 1.01x$  ( $R = 1.0$ )

Tout se passe comme s'il y avait une excellente discrimination des femelles à reconnaître les œufs déjà parasités par les 3 femelles concurrents de leur espèce, ce qu'on observe chez *T. buesi* et *T. embryophagum*. *T. maidis* par contre montre une diminution de son parasitisme de l'ordre de 20% en fonction de l'augmentation du nombre de femelles en compétition, ce qui implique qu'il existe au niveau de la faculté de discrimination une grande variabilité de réponse selon les espèces et les individus.

Contrairement aux Proctotrupides, les femelles des Trichogrammes montrent une capacité de discrimination très élevée des œufs déjà parasités lorsqu'il y a une faible compétition pour l'hôte. Chez *T. maidis*, espèce qui parasite des ooplaques (œufs superposés se recouvrant les uns, les autres) cette capacité tend à se restreindre au cours de l'activité de ponte. Il semblerait que l'espèce évite de superposer son territoire de ponte sur celui de sa voisine.

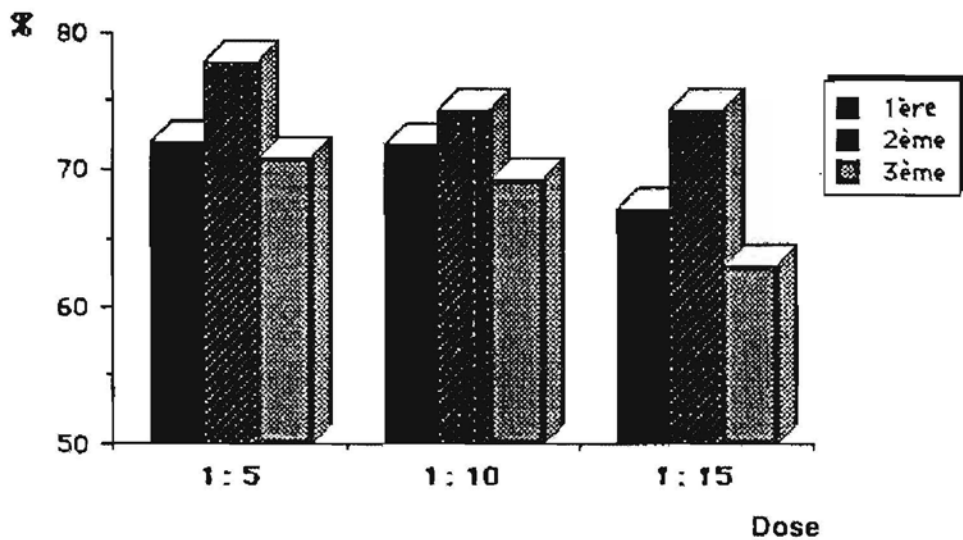
Au laboratoire, des densités plus fortes d'œufs et de Trichogrammes ont été expérimentées. Ainsi, 150, 300, 600 et 1200 œufs d'*E. kuehniella* ont été offerts à 2, 4 ou

8 femelles de *T. evanescens*. Il apparaît cette fois une inhibition de la ponte chez les femelles en fonction de la densité d'hôte (fig. 81).



**Figure 81:** Moyenne du nombre d'oeufs-hôtes noirs (=parasités) d'*E. kuehniella* en fonction des densités hôte parasite chez *T. evanescens*.

Les pourcentages d'hôtes parasités en masse par *T. evanescens* aux densités hôtes/parasitoïdes : 1:5, 1:10 et 1:15 n'ont pas révélé de différences significatives entre les doses ( $70 \pm 10\%$  aux trois répétitions). Le pourcentage de parasitisme le plus bas ( $\pm 65\%$ ) est obtenu à la dose la plus faible de Trichogrammes (1:15), fig. 82.



**Figure 82:** Pourcentage d'oeufs d'*E. kuehniella* parasités en masse par *T. evanescens* aux 3 doses de Trichogrammes pour 3 répétitions.

## D - VARIABILITÉ DE L'ACTIVITÉ PARASITAIRE EN FONCTION DES SAISONS

Activité parasitaire: Dans un travail précédent (TAVARES, 1985) nous avons signalé une variation de l'activité parasitaire en fonction de la température qui est très faible aux basses températures. L'optimum se situe entre 22 à 25°C, selon les espèces. Il existe des différences significatives aux différentes températures entre les espèces, sauf rares exceptions.

Notre objectif a été d'étudier chez *T. evanescens* la variabilité de la capacité parasitaire durant un an d'élevage en conditions semi-naturelles, c'est-à-dire, sous abri.

La fig. 83 révèle la grande hétérogénéité qu'entraîne ces facteurs. Contrairement à ce qui se passe chez les générations élevées aux températures constantes du laboratoire, on observe un parasitisme plus élevé pour les générations qui ont eu les plus grandes durées de développement, plus faible pour celles qui ont eu des développements rapides en été.

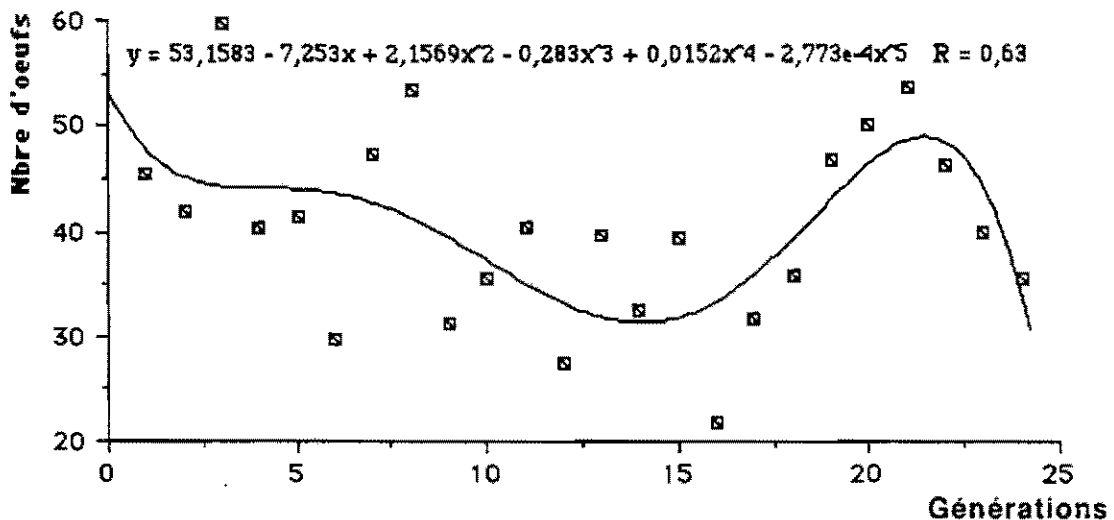
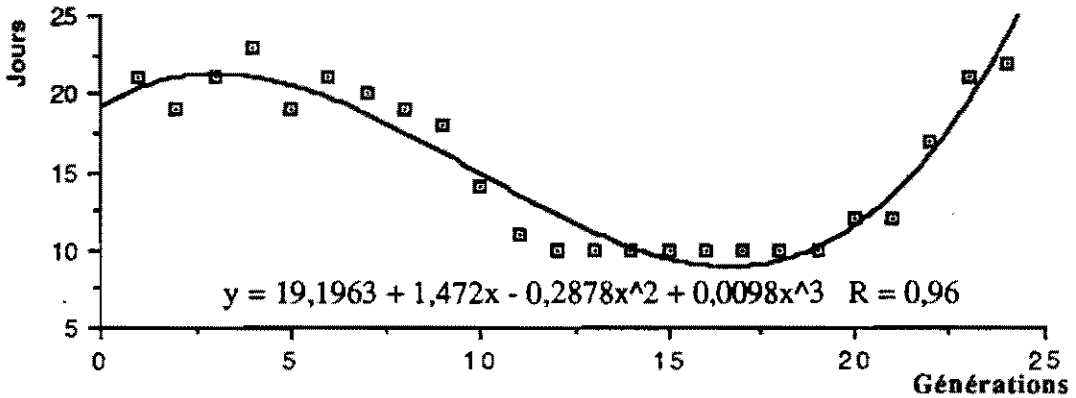


Figure 83: Nombre d'oeufs d'*E. kuehniella* parasités par *T. evanescens* sous abri, sur une année. Représentation de la courbe polynomiale.

Dans le climat açoréen, *T. evanescens* aurait donc un développement continu. Ainsi, la manutention au laboratoire n'exigerait pas d'équipement sophistiqué pour

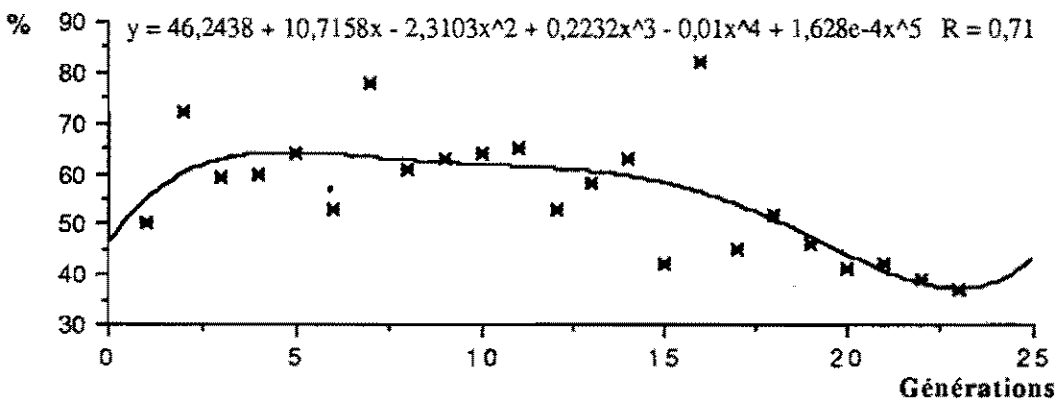
contrôler les facteurs physiques. Les générations d'hiver et du printemps seraient les plus longues ( $22 \pm 3$  jours), contrairement à celles de l'été ( $10 \pm 0.5$  jours), fig. 84.



**Figure 84:** Durée (jours) du cycle pré-imaginal du *T. evanescens* durant plusieurs générations dans les conditions naturelles (sous abri), sur une année. Représentation de la courbe polynomiale.

Le développement pratiquement continu de *T. evanescens* aux températures des Açores peut aussi limiter son acclimatation. Il y a en effet, des périodes où les oeufs-hôtes de *M. unipuncta* sont très abondants, d'autres où ils sont rares et même absents comme nous l'avons signalé auparavant (figs. 25, 26 et 27).

Sex-ratio: En ce qui concerne la sex-ratio de *T. evanescens*, ce paramètre est très variable tout au long de l'année. Le taux de femelles est plus élevé au printemps et en été de l'ordre de 60%. C'est à l'automne que sont obtenus les plus forts pourcentages de mâles (fig. 85).



**Figure 86:** Pourcentage de femelles de *T. evanescens* pendant plusieurs générations tout au long d'une année. Représentation de la courbe polynomiale.

Émergences: L'analyse des pourcentages d'émergence des différentes générations montre que c'est lors des saisons les plus froides et les plus humides (l'hiver et le printemps) que les taux d'émergence sont élevés ( $92 \pm 5\%$ ). Aux saisons chaudes ces taux sont très variables et tendent à baisser considérablement durant l'automne (fig. 86).

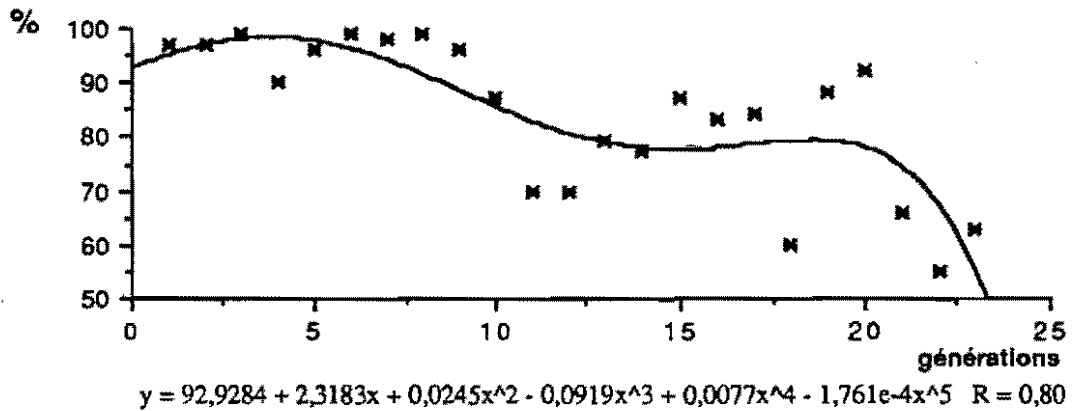


Figure 86: Pourcentage d'émergences de *T. evanescens* sur une année (23 générations). Représentation de la courbe polynomiale.

## E- ÉLEVAGE PERMANENT

### 1- Multiplication en masse

#### a) Maintien des espèces

Pour le maintien des différentes souches de Trichogrammes l'unité d'élevage est constituée par un tube en verre (1 cm de diamètre et 9 cm de longueur), contenant une plaquette en carton de couleur jaune de 0.9 cm X 6 cm. Les oeufs-hôtes sont collés sur la plaquette en couche uniforme, à l'aide de gomme arabique diluée à 33%.

L'élevage est maintenu à  $21(\pm 2)^{\circ}\text{C}$ , 16 heures de photophase et  $75(\pm 5)\%$  d'humidité relative, de manière à obtenir, selon l'espèce, une génération tous les 12 à 15 jours.

Quand les oeufs parasités deviennent noirs, on sépare un fragment de la plaquette. Cet inoculum va être placé dans un nouveau tube avec une petite goutte de miel. Les oeufs parasités de cet inoculum donneront les adultes nécessaires au parasitisme d'une

nouvelle plaquette et ainsi de suite. Quant au reliquat de plaquette qui comporte un millier d'individus environ il servira aux expérimentations.

On remarquera que pour limiter les risques de consanguinité, chacune des diverses espèces de Trichogrammes est maintenue divisée en plusieurs lignées isofemelles qui sont réunies au moment de chaque expérience.

### b) Production intensive

À l'Université des Açores la multiplication intensive des oophages consiste à encoller les oeufs d'*Ephesia*, traités aux ultraviolets (UV), sur une plaque en plastique préalablement refroidie au réfrigérateur. Dès la sortie du froid la condensation de la vapeur d'eau sur la plaque est suffisante pour encoller les oeufs. La plaque est ensuite mise dans une cage de forme parallélépipède (20 X 30 X 5 cm) avec un inoculum de Trichogrammes nourris préalablement avec du miel. Le parasitisme des Trichogrammes a lieu en scotophase pour permettre une bonne dispersion des parasites sur la plaque.

Ces cages, selon leur taille, permettent de faire parasiter par les Trichogrammes plusieurs millions d'oeufs-hôtes. Les Trichogrammes ainsi produits peuvent servir, d'inoculum, à effectuer les lâchers, ou à être mis en diapause dans des conditions variables selon les espèces.

Il faut tenir compte, lors de la production des oophages, des deux espèces qui nous intéressent pour lutter contre *M. unipuncta.*, des conditions suivantes: stockage des oeufs-hôtes, notamment, le froid et les ultraviolets et l'influence des substances de collage.

- (1) Conservation et stockage des oeufs-hôtes par les UV et le froid

Certaines techniques appliquées aux oeufs-hôtes, telles que celles des rayons ultraviolets (BRENIERE, 1965; VOEGELÉ *et al.*, 1975) ou de la conservation par le froid (HOLLOWAY, 1913; KING, 1934; BIROVA, 1966; FABRITIUS, 1970; GUENNADIEV *et al.*, 1980), permettent de les maintenir en stockage sans perte

significative de leur qualité pendant une durée assez longue, avant de les utiliser le moment voulu.

En ce qui concerne l'action du traitement au froid et aux ultraviolets, VOEGELE *et al.* (1975) ont montré que les oeufs d'*E. kuehniella* conservés 4 jours au froid, après irradiation aux UV, se présentent vis-à-vis des Trichogrammes comme comparables ou légèrement supérieurs aux oeufs non traités. Aucune diminution du taux de multiplication de *T. evanescens* n'a été constatée au cours de 6 générations successives.

Nous avons étudié l'influence du temps de conservation au froid (à 3°C, après irradiation par les ultraviolets) des oeufs-hôtes d'*E. kuehniella* sur la capacité parasitaire de *T. evanescens*. 13 lots de 30 cc d'oeufs-hôtes ont été offerts aux parasitoïdes après 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31, 34 et 37 jours de stockage. Les résultats montrent que les oeufs ainsi traités, au moins pendant 30 jours, maintiennent les qualités essentielles à l'obtention d'adultes. Cependant, entre le 16ème et le 22ème jours de stockage on a constaté une augmentation de la capacité de reproduction du Trichogramme. Des essais parallèles sur *T. buesi* et *T. embryophagum* ont confirmé cette tendance (fig. 87).

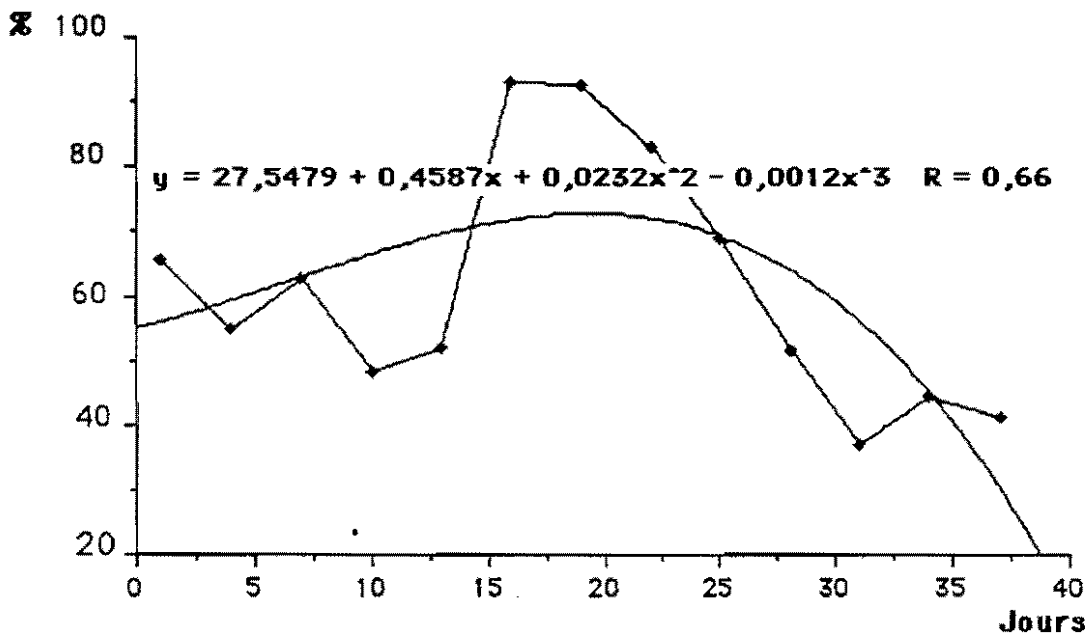


Figure 87: L'influence de la durée du stockage au froid (à 3°C, après traitement aux UV durant 20 minutes) des oeufs-hôtes d'*E. kuehniella* et le pourcentage de parasitisme de *T. evanescens*.

À partir du 30ème jour de conservation à 3°C, la qualité des oeufs d'*E. kuehniella* baisse, diminuant considérablement la multiplication de *T. evanescens*; la courbe polynomiale met en évidence cette tendance.

## (2) Influence d'une colle de fixation

On peut manipuler sans difficulté des plaques d'oeufs d'*E. kuehniella* grâce à l'encollage. La substance employée ne doit pas modifier la capacité parasitaire de l'oophage et doit faciliter les opérations sans provoquer trop de dommages à l'oeuf. Nous avons fait appel à la gomme arabique. Cependant, au niveau de la production de masse, cette dernière substance n'est pas à conseiller car elle ne facilite pas le décollage des oeufs parasités et exige un lavage intense des plaques supports.

Nous avons étudié deux méthodes de fixation des oeufs: à l'aide de gomme arabique à plusieurs dilutions avec l'eau (1:1, 1:2, 2:1) et à l'eau (liquide et vapeur). L'effet des substances de fixation des oeufs sur la capacité parasitaire de *T. evanescens* montre que les meilleurs résultats sont obtenus en absence de gomme arabique, quand on fixe les oeufs avec l'eau à l'état de vapeur (fig. 88).

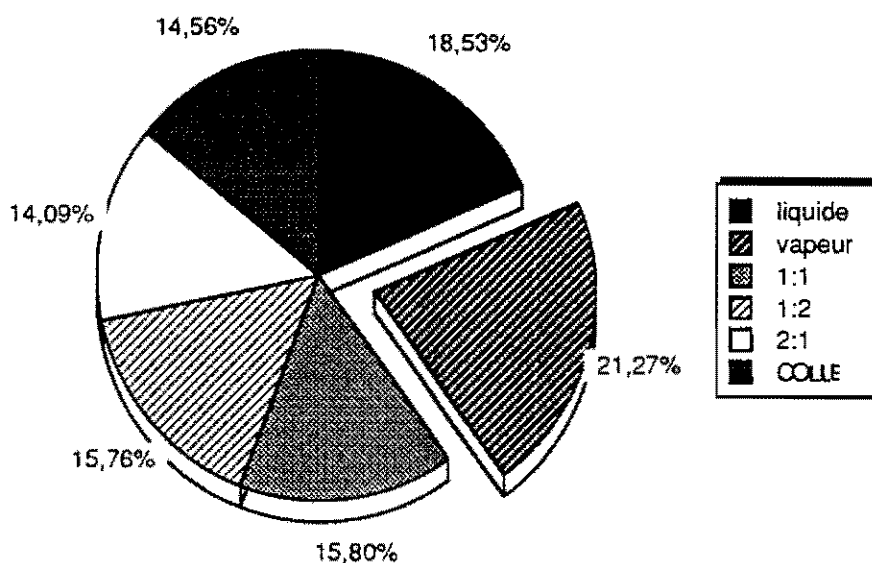


Figure 88: Influence de la substance de collage des oeufs sur la capacité parasitaire de *T. evanescens*.

L'analyse par le test "t" confirme cette tendance (tab. 11). Le pourcentage de femelles de Trichogrammes (*T. evanescens* et *T. embryophagum*), morts au 7ème jour de ponte, vient confirmer les résultats obtenus jusqu'ici sur l'influence de la substance de collage des oeufs. Chez *T. embryophagum*, les meilleurs résultats ont été obtenus par le collage des oeufs avec l'eau au stade liquide (fig. 89).

<b>Vapeur</b>	3.89#				
<b>1:1</b>	9.31#	5.44#			
<b>1:2</b>	10.21#	6.16#	0.45		
<b>2:2</b>	11.26#	3.04#	1.55	1.16	
<b>Colle</b>	10.80#	6.89#	1.36	0.96	0.16
	<b>Liquide</b>	<b>Vapeur</b>	<b>1:1</b>	<b>1:2</b>	<b>2:1</b>

Tableau 11: Comparaison par le test "t" de la capacité parasitaire de *T. evanescens* en fonction de la substance de collage des oeufs d'*E. kuehniella* (# hautement significatif).

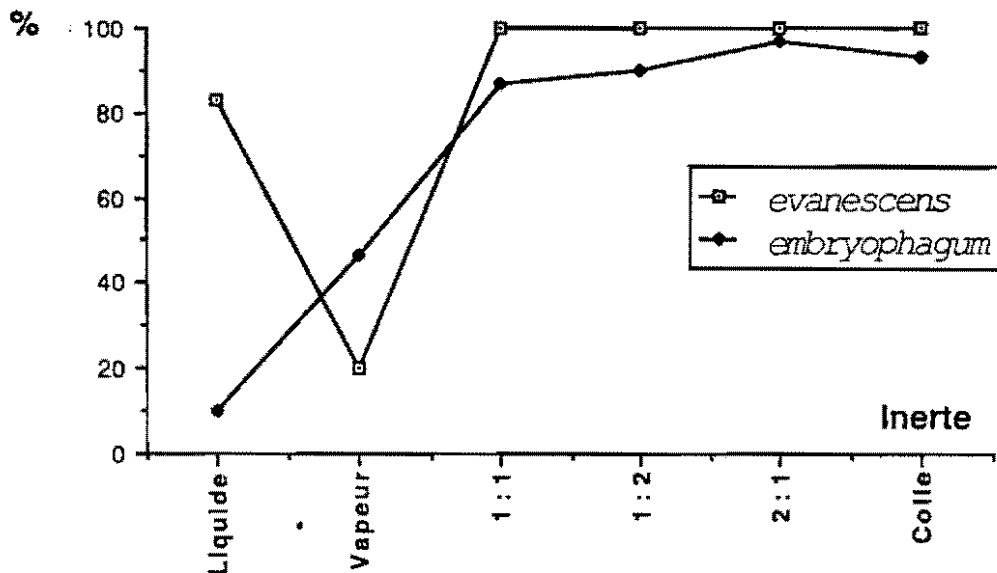


Figure 89: Pourcentage de femelles mortes au 7ème jour de ponte de deux espèces de Trichogrammes en fonction de la substance employée pour le collage des oeufs d'*E. kuehniella*.

### (3) Longévité

La longévité des Trichogrammes est corrélée avec la disponibilité en glucides, protéines et vitamines, apportés aux adultes sous différentes formes (NARAYANAN & MOOKHERJEE, 1955; STINNER *et al.*, 1974; ASHLEY & GONZALEZ, 1974; NAGARKATTI & NAGARAJA, 1978; ANUNCIADA & VOEGELE, 1982). L'absence de nourriture entraîne la mort prématurée des adultes (BENOIT, 1977), il est cependant difficile, comme le souligne BURSELL (1964), de séparer les influences combinées de la température, de l'aliment, de l'activité de ponte et de la longévité, surtout lorsqu'on travaille à des températures moyennes.

Nous avons remarqué que lors des premières heures de ponte les femelles de Trichogrammes ont tendance à aller chercher dans l'hôte, au niveau de l'orifice laissé par la tarière, une goutte du vitellus de l'hôte qui peut être une compensation alimentaire énergétique pour son activité. La durée de ce repas est très variable et ne semble dépendre ni de l'espèce ni de l'hôte. Un comportement curieux de la femelle a été observé immédiatement après le repas: elle se replace sur l'orifice de ponte, enfonce brusquement sa tarière et abandonne l'hôte. Ceci pourrait avoir comme rôle de réaliser une nouvelle occlusion de l'oeuf-hôte, par coagulation du vitellus frais rejeté par capillarité, ou bien il pourrait s'agir d'un marquage de l'oeuf comparable à celui connu chez d'autres hyménoptères oophages (TAVARES, 1985).

## F- DÉVELOPPEMENT

Le développement des insectes, notamment celui des Trichogrammes, est soumis à des facteurs du milieu très variables. Les Poïkilothermes ajustent leurs fonctions physiologiques aux changements des conditions abiotiques. Les possibilités qu'ils ont de réagir efficacement à ces modifications sont liées à la fois, à leur patrimoine génétique et à l'Ontogénèse (LABEYRIE, 1977).

## 1- Facteurs abiotiques

Les Trichogrammes sont extrêmement sensibles aux facteurs physiques du climat que ce soit la température (LUDWIG *et al.*, 1933; SCHEPETILNIKOVA, 1939; QUEDNAU, 1956; SAVESCU, 1965; ORPHANIDES *et al.*, 1971; FERREIRA, 1980; PINTUREAU *et al.*, 1981; CALVIN *et al.*, 1984; TAVARES, 1985), l'humidité (LUND, 1934; CALVIN *et al.*, 1984), la photopériode (SAUNDERS, 1971; DENLINGER, 1972; ELLINGTON, 1973; LOPEZ *et al.*, 1980; CALVIN *et al.*, 1984; OLIVEIRA *et al.*, 1987), les vents ou les façons culturales.

### a) La température

En ce qui concerne la température le développement des Trichogrammes dépend des fluctuations thermiques ambiantes, auxquelles ils ne peuvent pas se soustraire par régulation, contrairement aux homéothermes. Ils se situent dans la nature dans une strate proche du sol et les écarts de température d'un lieu à l'autre ou d'une heure à l'autre peuvent y être considérables. Il n'est pas rare de constater des différences thermiques élevées sur une hauteur de quelques centimètres, l'air étant à ce niveau, fortement influencé par les alternances d'échauffement diurne et de refroidissement nocturne (ESTIENNE *et al.*, 1970).

SMITH *et al.* (1986) a étudié au laboratoire la durée du développement de 6 populations de *T. minutum*, à différentes températures (de 13 à 27°C), provenant d'un nombre de localités assez éloignées (fig. 90). Le développement de cette espèce, indépendamment de sa provenance, est très lié à la température, le calcul des degrés-jours nécessaires au complet développement pré-imaginal est de 166.2°C.

PETERSON (1930) indique 142.8 degrés-jours pour cette même espèce. D'autres travaux sur les Trichogrammes signalent des quantités en degrés-jours comprises entre 128.7 à 169.5°C, qui varient en fonction de l'hôte et des températures (BUTLER *et al.*, 1980; PAK *et al.*, 1982; GOODENOUGH *et al.*, 1983; CALVIN *et al.*, 1984; LAWRENCE *et al.*, 1985). Ce dernier auteur a mis en évidence un développement de *T.*

*minutum* plus prolongé dans les oeufs de *Choristoneura fumiferana* [Clemens] (Lep., Tortricidae) que dans ceux de *S. cerealella* et souligné sa variabilité avec la température (fig. 91). Il n'y a pas de différences significatives entre les individus appartenant aux deux sexes mais une tendance à un développement plus rapide chez les mâles.

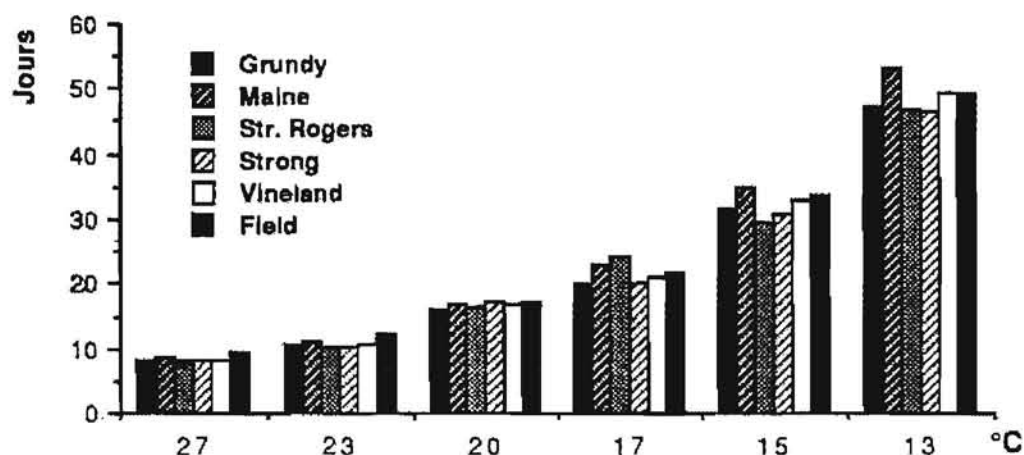


Figure 90: Durée du développement (en jours) de souches de *T. minutum* dans l'hôte de substitution *S. cerealella* en provenance de différents localités, selon SMITH *et al.* (1986).

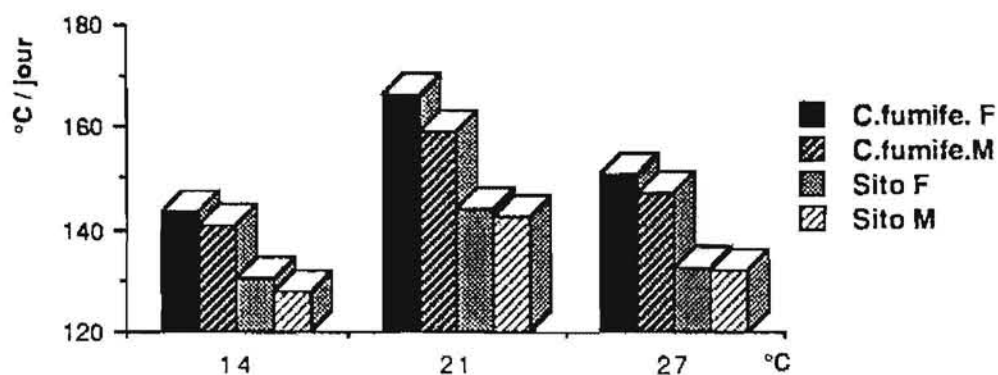


Figure 91: Durée du développement, en °C/jours, de *T. minutum* (M=mâles et F=femelles) selon ses hôtes; Sito = *S. cerealella* et C. fumife. = *C. fumiferama* (LAWRENCE *et al.* (1985), modifié selon TAVARES).

Par ailleurs, FERREIRA (1980) a montré des différences entre les seuils thermiques, notamment entre *T. minutum* et *T. evanescens*, cette dernière espèce ne se développant pas à des températures inférieures à 14°C. À partir de cette température et jusqu'à 34 °C, il n'observe pas de différence significative de la durée de développement entre les deux espèces. YU *et al.* (1984) a signalé que la durée de développement de *T.*

*minutum* dans les œufs de *E. kuehniella* est de 6.9, 7.9, 14.7, 20.5, 25.7 et 43.3 jours à 28, 25, 20, 17, 15 et 13°C, respectivement (fig. 92).

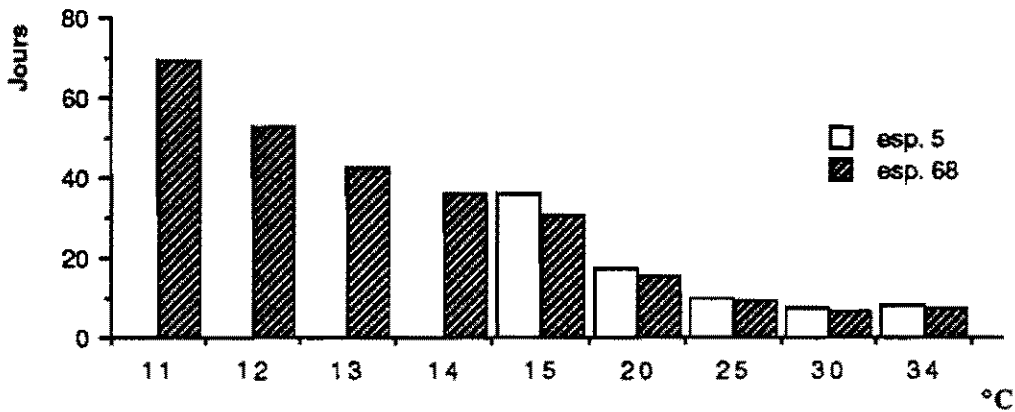


Figure 92: Durée du développement, en jours, de *T. evanescens* (esp. 5) et de *T. minutum* (esp. 68) aux différentes températures (FERREIRA (1980), modifié selon TAVARES).

#### b) Humidité relative

Chez les Trichogrammes l'action de l'humidité relative (Hr) joue un rôle au niveau de la durée du développement, de la longévité et de la reproduction. LUND (1934) a observé que la durée de développement de *T. minutum* a tendance à décroître au fur et à mesure qu'augmente l'humidité relative. Pour sa part, CALVIN *et al.* (1984) est arrivé à la même conclusion avec *T. pretiosum* RILEY, en ce qui concerne non seulement la durée de développement, mais aussi la longévité et la fécondité (fig. 93 et 94).

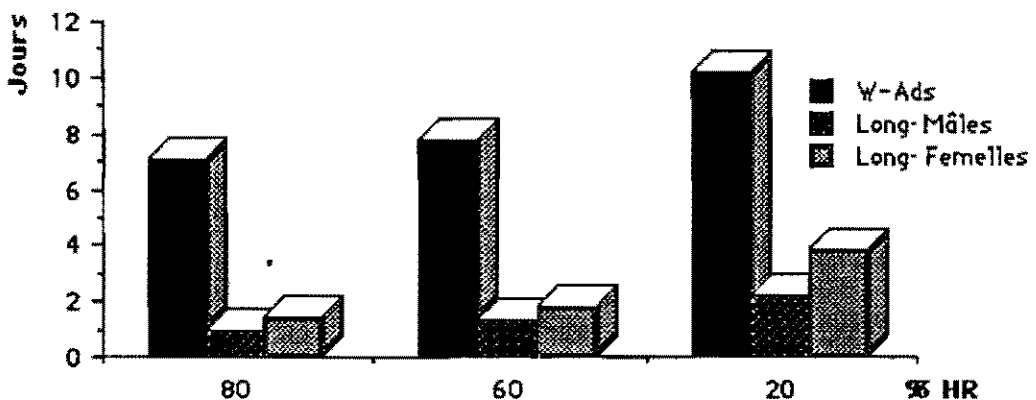
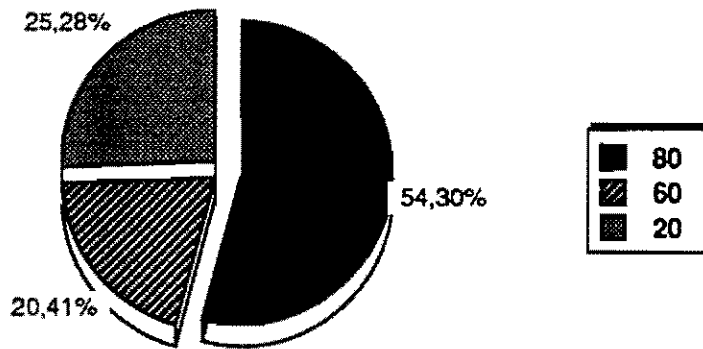


Figure 93: Durée du développement et longévité des adultes (mâles et femelles) de *T. pretiosum* en fonction du % d'humidité relative (CALVIN *et al.* (1984), modifiée selon TAVARES).

Les différences vérifiées au niveau de la durée de développement et de la longévité peuvent être de l'ordre de 3 et 2 jours pour les humidités relatives de 20 et 80%, respectivement. En ce qui concerne la fécondité, il y a des différences hautement significatives, les humidités relatives de l'ordre de 20 et 60 % réduisent la fécondité de moitié par rapport à la fécondité obtenue à 80%.

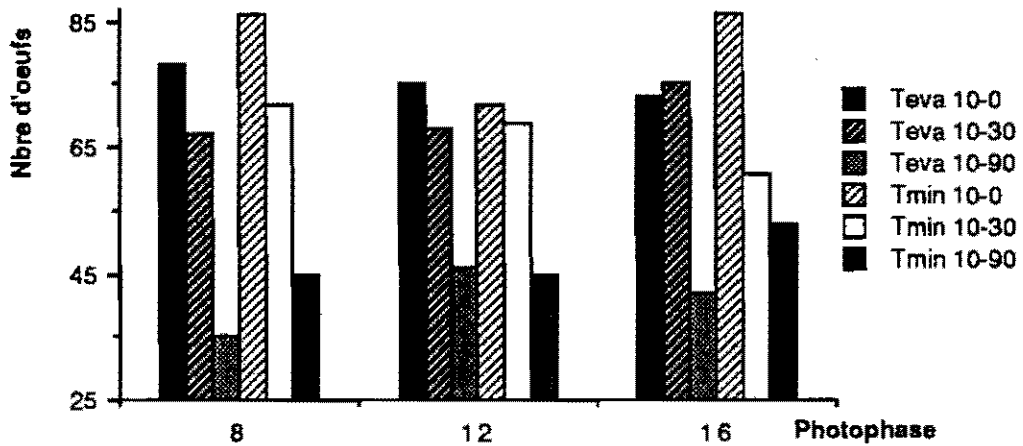


**Figure 94:** Comparaison de la fécondité de *T. pretiosum* en fonction de trois humidités relatives (CALVIN *et al.* (1984), modifiée selon TAVARES).

### c) Photopériode

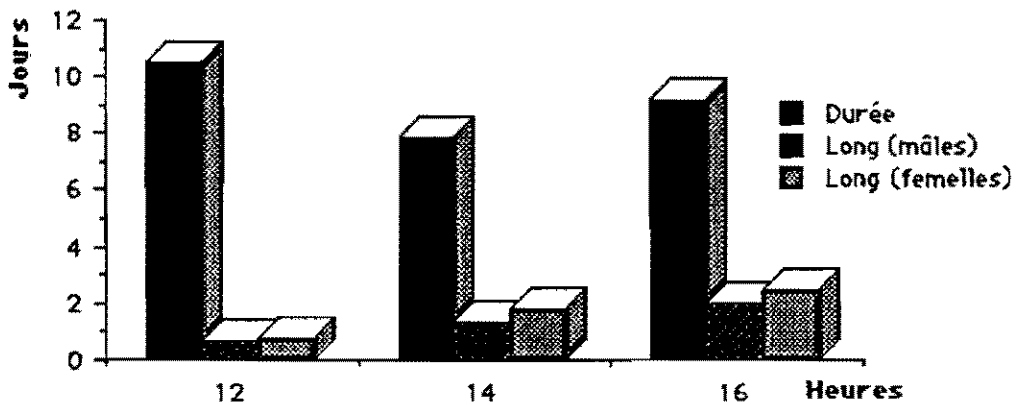
La photopériode est un important facteur dans la régulation de l'activité biologique des insectes, au niveau de la distribution géographique, de la biologie saisonnière, de la taille, de la forme, du métabolisme et du comportement (BECK, 1968). Selon SAUNDERS (1971), les jours courts conjugués avec la température induisent la diapause de certaines espèces de Trichogrammes, telle celle de *T. maidis* (VOEGELE *et al.* 1986). D'autres espèces sans diapause, comme *T. pretiosum* (LOPEZ *et al.*, 1980), réagissent aux conditions défavorables du milieu par la quiescence.

Le stockage de plusieurs semaines à basse température de *T. minutum* et *T. evanescens* ne semble pas influencé significativement par la photopériode si l'on considère le seul taux d'émergence des adultes OLIVEIRA *et al.* (sous presse), fig. 95.



**Figure 95:** Nombre d'oeufs parasités de *E. kuehniella* par *T. evanescens* (Teva) et *T. minutum* (Tmin), en fonction des photopériodes durant le développement pré-imaginal, après induction de 10 jours à 12°C et stockage de 0 à 90 jours à 3°C (OLIVEIRA *et al.* (sous presse), modifié selon TAVARES).

Les jours longs, par rapport à l'obscurité, diminuent la durée du développement et augmentent la longévité des adultes de *T. pretiosum*, CALVIN *et al.* (1984) fig. 96.



**Figure 96:** Durée du développement et longévité en jours des adultes de *T. pretiosum*, en fonction du nombre d'heures de lumière (CALVIN *et al.* (1984), modifié selon TAVARES).

## 2- Activité parasitaire

Une étude de l'influence de la température sur l'activité des femelles de différents espèces de Trichogrammes mises à pondre, révèle qu'il existe une grande variabilité de comportement, car elles se répartissent en quatre groupes (TAVARES, 1985):

- celles qui n'ont pas pondu,
- celles qui n'ont pondu que durant la première semaine,
- celles qui n'ont pondu que durant la deuxième semaine,
- celles qui ont pondu durant les deux semaines consécutives.

Il a été mis en évidence que *T. embryophagum* se différencie nettement de deux autres espèces par un pourcentage élevé de femelles (90%) qui pondent durant les deux premières semaines, quelle que soit la température (de 14 à 27°C). Chez *T. maidis* et *T. buesi* ce pourcentage élevé de "pondeuses" sur les deux semaines ne se retrouve qu'entre 15.5 et 20°C (80 à 100%), alors que chez *T. maidis*, dès 22°C, l'activité de ponte chute rapidement la 2ème semaine. Chez *T. buesi*, au contraire, plus de 65% des femelles y restent encore en activité à 27°C (fig. 97).

Le nombre de femelles non "pondeuses" est très réduit chez *T. embryophagum* (espèce à parthenogénèse thelytoque) et on ne l'observe qu'à 12°C. Il est plus important chez les deux autres espèces, on ne l'observe qu'au delà de 14°C chez *T. buesi* (espèce à parthenogénèse arrhenotoque).

Les femelles de quelques Trichogrammes qui pondent lors de la deuxième semaine ne s'observent qu'aux températures basses, 12 à 14°C; il semble que la pression ovarienne les amènent à émettre quelques œufs. Enfin, *T. embryophagum* se distingue aux températures élevées, de *T. maidis* et aux températures basses, de *T. buesi*.

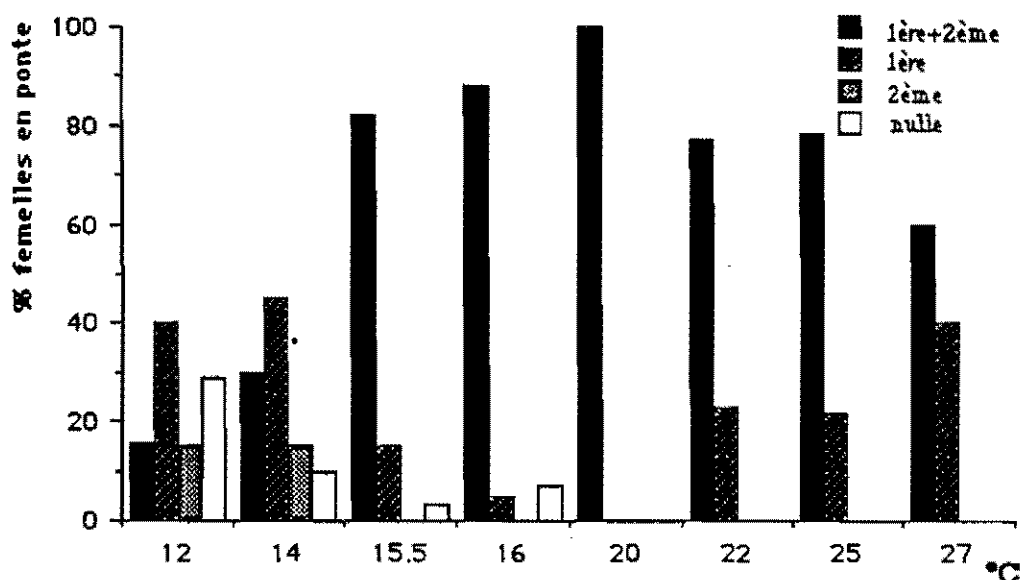


Figure 97: Activité de ponte des femelles de *T. buesi*, exprimée en pourcentage à 8 températures (TAVARES, 1985).

## a) Ponte journalière

En ce qui concerne le rythme de ponte des trois espèces de Trichogrammes, celles-ci parasitent le premier jour de ponte 25% de la totalité des oeufs parasités en 7 jours, *T. maidis* atteint même 36%. Dans les jours suivants *T. buesi* et *T. embryophagum* parasitent un nombre d'oeufs à peu près constant puis il décroît légèrement jusqu'au 7ème jour (TAVARES, 1985), fig. 98.

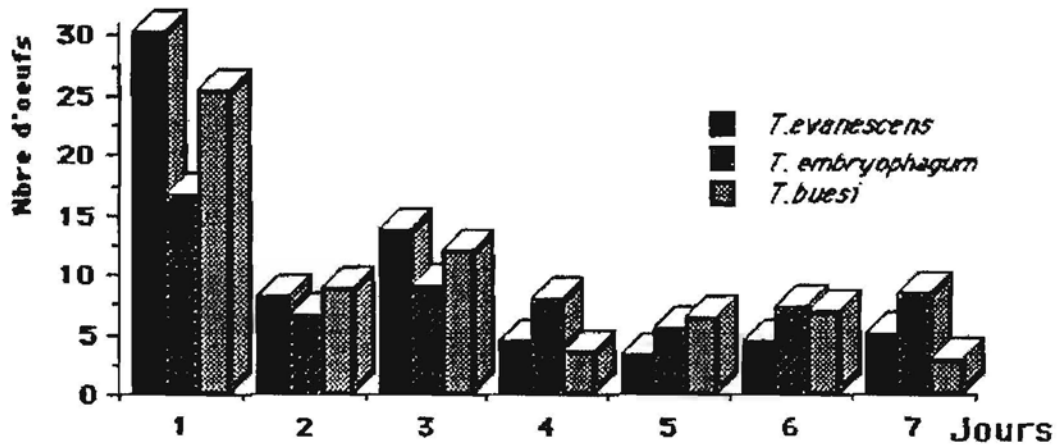


Figure 98: Nombre moyen d'oeufs parasités par trois espèces de Trichogrammes: *T. evanescens*, *T. buesi* et *T. embryophagum* durant sept jours de longévité des femelles à  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  (TAVARES, 1985).

Chez *T. evanescens* les résultats du parasitisme journalier vont dans le même sens que ceux des espèces précédentes (fig. 99). Le test "t" a montré qu'il y a des différences hautement significatives entre la ponte des trois premiers jours et qu'il n'y en n'a plus à partir du 4ème jour (tab. 12).

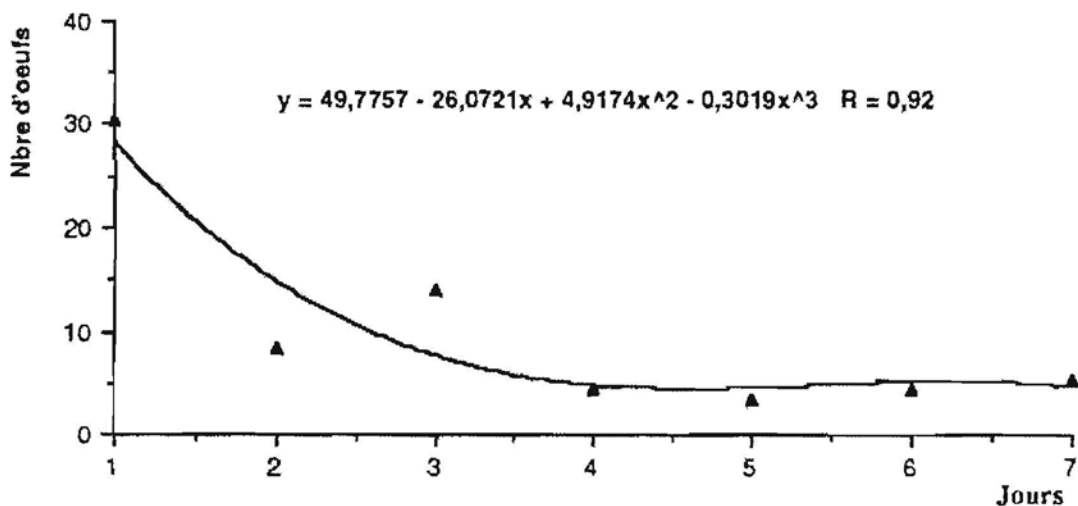


Figure 99: Parasitisme journalier de *T. evanescens* durant une semaine à  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

2	42.69					
3	32.46	11.48				
4	51.05	7.25	19.24			
5	52.13	9.09	20.53	2.02		
6	49.9	6.94	18.34	0.93	2.11	
7	45.87	5.32	16.03	1.45	3.30	1.26
	1	2	3	4	5	6

**Tableau 12:** Comparaison par le test "t" du parasitisme journalier de *T. evanescens* pendant sept jours à 25°C ±1°C.

Comme l'avaient déjà vu ANUNCIADA *et al.* (1982) pour *T. maidis* et *T. minutum* (*T. nagarkattii*), VOEGELE *et al.* (1974) pour *T. evanescens* et *T. brasiliensis*, *T. buesi* et *T. embryophagum* ces espèces sont proovigéniques ce qui entraîne une pression ovarienne telle que les femelles déposent le 1er jour de ponte près du quart de leur progéniture. *T. maidis* se distingue de *T. buesi* et de *T. embryophagum* par le fait qu'elle émet, au cours de cette journée, le tiers de ses descendants. Cette disponibilité en oeufs représente un avantage incontestable pour ces parasitoïdes, car elle leur permet de lutter de vitesse avec le développement embryonnaire relativement très rapide de leurs hôtes. Bien qu'elle décroisse journellement en effectif d'oeufs non négligeable subsiste dans le temps.

## G- LÂCHERS INONDATIFS

Dans la mesure où la coïncidence spatio-temporelle et numérique entre la Noctuelle et ses ennemis naturels indigènes s'avère insuffisante on peut envisager de multiplier en masse des auxiliaires et de procéder à leurs lâchers périodiques dans les prairies pour éviter les traitements chimiques. Cette pratique a fait l'objet de recherches aux Açores en utilisant le parasite larvaire *A. militaris*. Parallèlement, il a été envisagé d'y introduire des parasitoïdes oophages du genre *Trichogramma*, absents de la faune des Açores, en regard des avantages qu'ils offrent dans la lutte biologique. Ainsi FERREIRA (1980) choisit deux espèces, *T. evanescens* et *T. minutum* qui se révélèrent, à la suite des

essais de 1982 et 1983, particulièrement aptes à s'acclimater aux conditions des pâturages de moyenne et de basse altitude des Açores (ANUNCIADA, 1984).

La plus grande attention doit être apportée à leur acclimatation, c'est-à-dire, aux possibilités d'adaptation des entomophages introduits dans de nouvelles conditions de vie (KOT, 1964). L'acclimatation est la méthode d'enrichissement la plus anciennement utilisée car elle requiert des techniques relativement simples. Elle s'applique surtout à des ravageurs accidentellement introduits dans un nouvel habitat où n'existe pas d'entomophages indigènes qui leur sont spécifiques ou associées. Il convient donc d'essayer de reconstituer la biocoenose parasitaire qui leur est normalement associée dans leur habitat d'origine (JOURDHEUIL, 1986).

Nous ignorons pour *M. unipuncta* quels sont les entomophages adaptés à ce ravageur dans la vaste zone de son habitat. Il était donc intéressant d'y introduire des Trichogrammes. Ces derniers sont connues pour être des parasitoïdes oophages des Noctuelles qu'ils peuvent être produits facilement en masse à partir d'hôtes de substitution. Nos essais d'introduction et de lutte préliminaire à l'aide de ces entomophages se sont déroulés à la fois au laboratoire et sur le terrain.

### 1- Le parasitisme au laboratoire

La ponte de *M. unipuncta* est réalisée selon deux modes: soit en cages à parois en plastique transparent de 25X10X70 cm contenant plusieurs couples de Noctuelles, soit en cylindres de plastique transparents de 10X25 cm posés sur des caissettes remplies de terre contenant chacune un couple de *Mythimna*. Dans les deux cas, l'aliment est apporté sous la forme de touffe de *L. perenne* plantées dans la terre (fig. 100).

Tous les essais au laboratoire sont réalisés à  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $70\% \pm 5\%$  d'humidité relative et 16 heures de photophase. Les femelles mises à pondre proviennent soit de papillons élevés sur milieu artificiel, selon la méthode de POITOUT & BUES (1970), soit de captures faites dans des pièges lumineux posés en prairies.

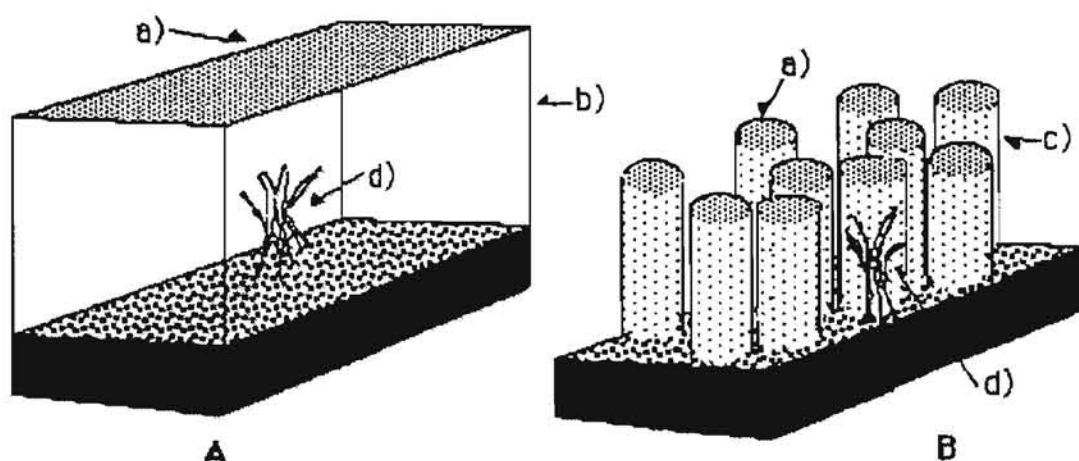


Figure 100: Cages utilisées au laboratoire pour les essais de parasitisme simulé de *T. evanescens* et *T. minutum* contre *M. unipuncta*, soit en femelles groupées (A), soit en femelles isolées (B). [a)= grillage; b)= parois en plastique transparent; c)= cylindres; d) touffes de *L. perenne* L.].

On voit (tab. 13 et 14) que lorsque *T. evanescens* ou *T. minutum* sont en présence de l'hôte sur la plante une faible quantité d'oeufs est parasitée (< 5%). Il n'y a pas de différences significatives en ce sens entre les deux espèces de Trichogrammes.

Nbre couples <i>M. unipuncta</i>	Nbre. d'oeufs <i>M. unipuncta</i>	Nbre. de <i>T. evanescens</i>	% d'oeufs parasités
5	2035	2000	0.87
10	3284	2000	3.38
15	3078	1000	2.87
20	2780	1000	4.4

Tableau 13: Pourcentages d'oeufs parasités par *T. evanescens* en fonction du nombre de couples de *M. unipuncta* dans les cages.

Nbre couples <i>M. unipuncta</i>	Nbre. d'oeufs <i>M. unipuncta</i>	Nbre. de <i>T. minutum</i>	% d'oeufs parasités
5	1848	2000	2.37
10	1074	2000	4.23
15	3840	1000	0.5
20	4080	1000	2.9

Tableau 14: Pourcentages d'oeufs parasités par *T. minutum* en fonction du nombre de couples de *M. unipuncta* dans les cages.

Si l'on reporte le parasitisme obtenu par rapport à celui à la ponte isolée des femelles de *M. unipuncta*, les résultats sont très voisins (tab. 15 et 16).

## 2- Le parasitisme en plein champ

### a) Infestation naturelle du ravageur

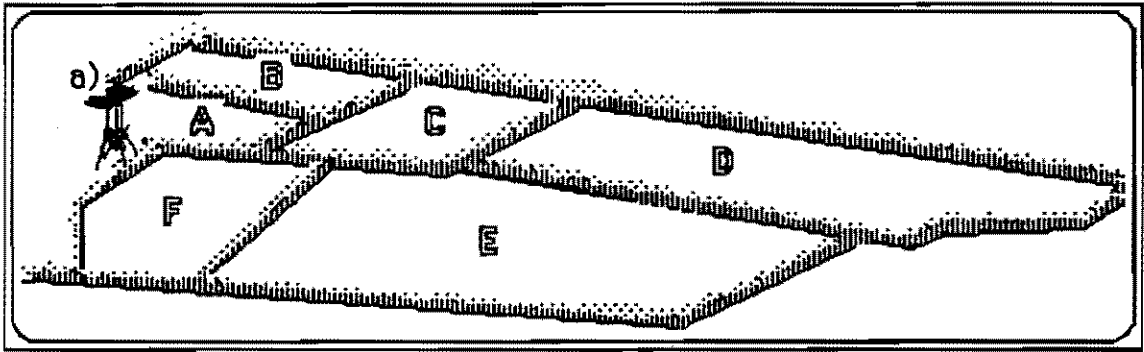
Des essais en plein champ et en infestation naturelle se sont déroulés dans la localité d'Arribanas (fig. 101) utilisée lors des échantillonnages réalisés pour l'étude des stades larvaires (parcelle C) et du piégeage lumineux des papillons. La surface de 12 ha est divisée en 6 parcelles (A, B, C, D, E et F), chaque parcelle est limitée par une haie de *Cryptomeria japonica* (L.F.D.DON).

Répétitions	Nbre d'œufs <i>M.unipuncta</i>	Nbre de femelles <i>T. evanescens</i>	% d'œufs parasités
1	84	10	3
2	107	10	0.5
3	709	10	1.2
4	430	10	4
5	380	10	0.8
6	75	10	0.8
7	260	10	2.5
8	1080	5	3.2
9	76	5	6.4
10	109	5	3.6
11	584	5	4.2
12	307	5	5.9
13	480	5	6.8
14	1027	5	3.4
15	502	5	0.2

Tableau 15: Pourcentages d'œufs parasités par *T. evanescens* dans le cas de femelles de *M. unipuncta* isolées.

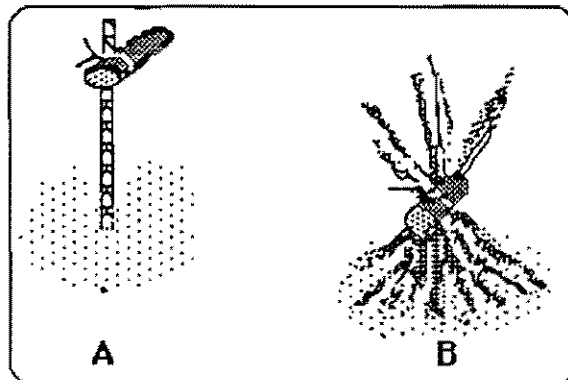
Répétitions	Nbre d'œufs <i>M.unipuncta</i>	Nbre de femelles <i>T. minutum</i>	% d'œufs parasités
1	383	10	0.7
2	178	10	3.1
3	409	10	1.4
4	1670	10	3.7
5	506	10	2.8
6	790	10	1.6
7	584	10	3.8
8	760	5	1.2
9	185	5	2.6
10	297	5	7.8
11	145	5	0.9
12	369	5	1.8
13	1071	5	3.1
14	86	5	1.8
15	301	5	0.3

Tableau 16: Pourcentages d'œufs parasités par *T. minutum* dans le cas de femelles de *M. unipuncta* isolées.



**Figure 101:** Croqués des parcelles d'essais pour les lâchers inondatifs et expérimentaux de *Trichogrammes* (A, B, C, D, E et F) à Arribanas, a) = piège lumineux.

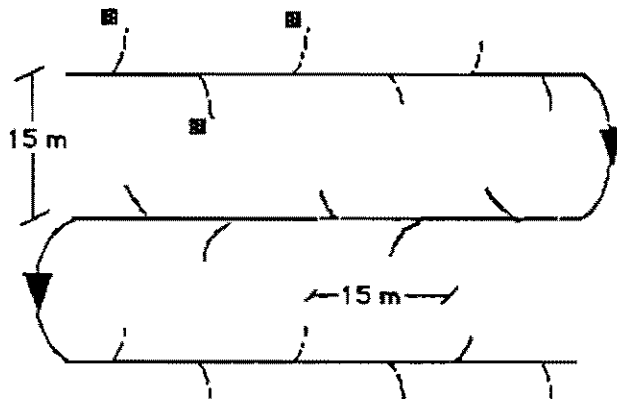
La méthode utilisée pour des lâchers de *Trichogrammes* est celle utilisée à l'INRA d'Antibes (VOEGELE, 1975). Les *Trichogrammes* sont déposés au champs au stade nymphal quelques heures avant l'émergence des adultes, à la dose de 2000 oeufs parasités collés sur des plaquettes. Elles sont protégées des prédateurs et de la pluie dans des tubes de bambou de 7 cm de long qui contiennent une petite goutte de miel. Les extrémités du tube sont fermées par une pellicule de "parafilm" qui sera perforée au moment du dépôt des "bambous conteneurs" sur le terrain. Deux méthodes sont utilisées lors de l'installation. Dans la première le tube est fixé à un roseau placé sur le terrain mais ce dernier s'est révelégénant, aussi la méthode a été remplacée par celle de la fixation du bambou à un bouquet de feuilles de graminées (fig. 102 A et B).



**Figure 102:** Méthodes de suspension des tubes contenant les plaquettes d'hôtes parasités par les *Trichogrammes* au point des lâchers: A= fixation à un roseau à 20 cm du sol; B= fixation aux feuilles de graminées à 15 cm du sol.

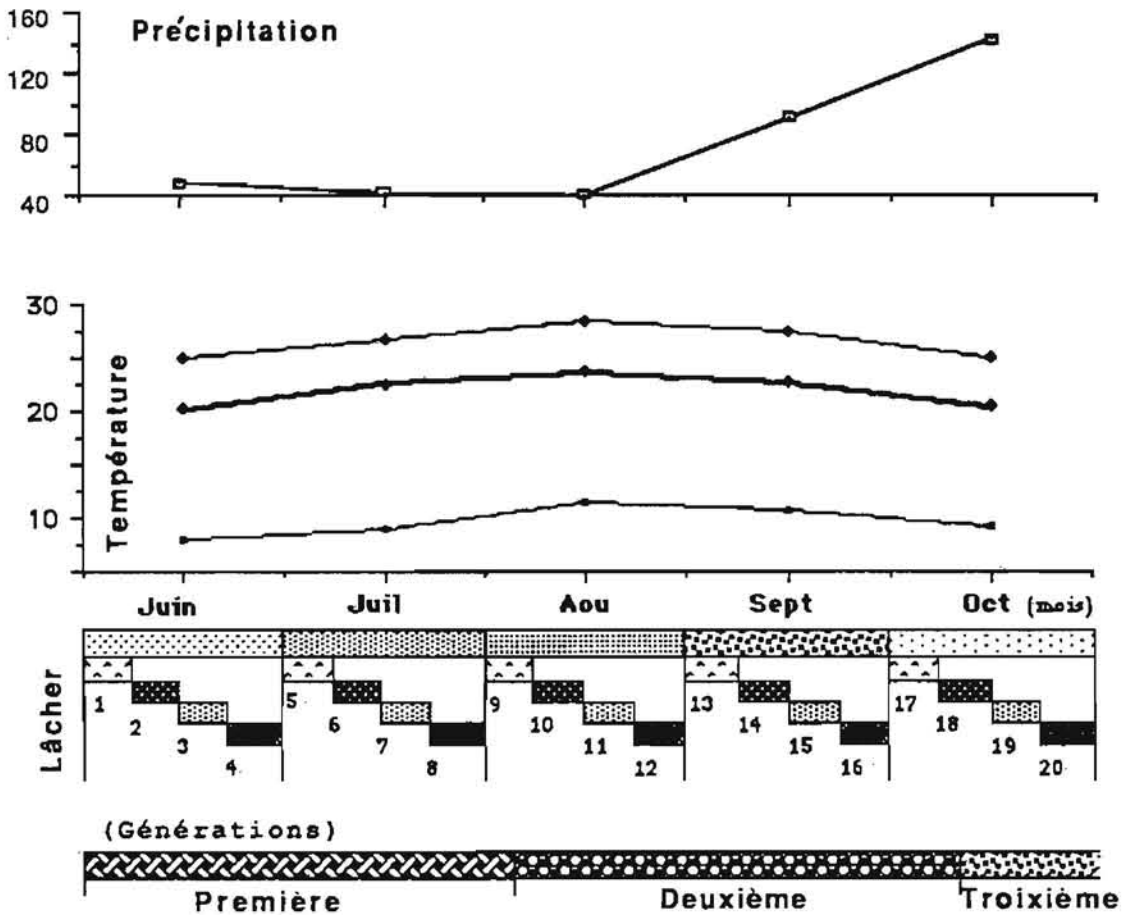
## (1) Dispersion des Trichogrammes

D'après VOEGELE (1975), la dispersion des Trichogrammes à partir du point de lâcher varie selon les auteurs: 6 m (FLANDERS, 1931), 30 m en 48 heures (HAYNES *et al.*, 1941) et 150 m en 3 semaines (HINDS & OSTERBERGER, 1932). Cette constatation nous a amené à choisir une distribution selon des parcours entre lignes de 15 m avec pose des bambous à 7,5 m de la ligne tantôt à droite et tantôt à gauche (fig. 103). Dans ces conditions les points de lâchers sont situés aux angles d'un carré sur des diagonales de 15 m (10.6 m de côté) et correspondent à une surface de 112,5 m<sup>2</sup>, ce qui conduit à 89 points de lâchers/ha. Pour une couverture total du terrain, le Trichogramme doit se disperser à partir du point de lâcher dans un rayon d'au moins 7,5 m.



**Figure 103:** Mode manuel de distribution des Trichogrammes avec les bambous-conteneurs.

Les conditions expérimentales des lâchers sont représentées dans la fig. 104. Ils sont faits au rythme d'un par semaine, à partir du début de Juin à la fin du mois d'Octobre, et couvrent ainsi toute la durée de la ponte des papillons de la 1ère, 2ème et début de la 3ème génération de *M. unipuncta* (fig. 27). La présence de papillons qui pondent tout au long de cette période conduit, en effet, à procéder au type "colonisation saisonnière" de WILSON (1966), KOT (1969) et VOEGELE (1975).



**Figure 104:** Conditions climatiques aux moments des différents lâchers de *Trichogrammes* et au déroulement des différentes générations de *M. unipuncta*. (A= moyenne des précipitations, B= moyenne des températures avec les écarts, C= succession en jours des 20 lâchers).

## (2) Doses de parasitoïdes et fréquence des lâcher en plein champ

Le nombre des *Trichogrammes* à lâcher et le nombre de lâchers varient considérablement selon les auteurs: 800 à 900 par m<sup>2</sup> de surface foliaire (STEIN, 1960); 40 par cm<sup>2</sup> de tronc (SCHUTTE & FRANZ, 1961); 225 000-325 000/ha répartis en 3 lâchers contre *Ostrinia nubilalis* Hubn. et 750 000/ha partagés en 5 lâchers pour lutter contre *Cnaphalocrosis medinalis* STINNER (1977).

Dans nos essais, nous avons vu que le seuil de nuisibilité par génération est de plus au moins 40 chenilles/m<sup>2</sup>. On peut estimer que cette population larvaire correspond, si l'on tient compte de la mortalité embryonnaire, à une population de l'ordre de 80 oeufs,

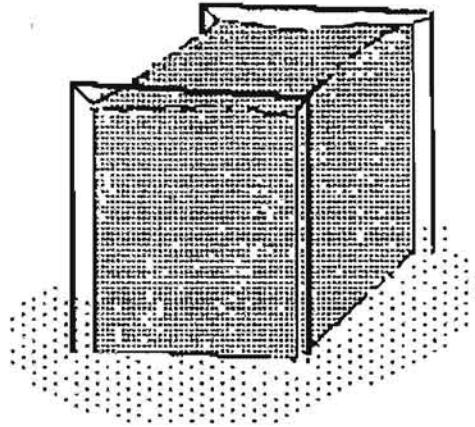
c'est-à-dire, 800.000/ha. Par ailleurs, la fécondité moyenne d'une femelle de *Trichogrammes* est de 40 oeufs. Le minimum d'oophages nécessaire par ha serait de 20.000. Or dans nos essais précédents avec *L. perenne* cette fécondité moyenne n'est que d'un oeuf par femelle. Vu les faibles résultats obtenus lors des essais de laboratoire, nous avons multiplié cette dose par 40 soit de 800.000 *Trichogrammes* par ha répartis en 8 lâchers par génération de *M. unipuncta*.

En ce qui concerne les résultats des lâchers en plein champ, nous n'avons pu les quantifier directement sur les oeufs de *M. unipuncta* à cause de la difficulté d'échantillonnage du stade d'oeuf, déjà soulignée. Pour y remédier nous avons installé des pièges avec des oeufs de l'hôte de substitution *E. kuehniella* et de *M. unipuncta*. À partir du parasitisme de ces oeufs, nous avons constaté que les résultats du parasitisme par les deux espèces de *Trichogrammes* sont très hétérogènes et très faibles. Leur influence dans la lutte contre *M. unipuncta* est très réduite par rapport à l'action d'autres auxiliaires. Cependant, même avec des taux de parasitisme oscillant dans tous les essais entre 2.5 à 5%, leur action est bénéfique car elle élimine, avant les dégâts, une importante quantité d'oeufs du ravageur.

Nous constatons, par ailleurs, que le niveau du ravageur sur toute la surface traitée par les *Trichogrammes* à Arribanas, à partir de 1986, n'a pas atteint le seuil économique d'attaque (fig. 38), pourtant observé dans toutes les autres parcelles limitrophes. Étant donné la grande variabilité des infestations du ravageur d'une parcelle à l'autre il est difficile d'attribuer ce faible taux d'attaque à l'action des *Trichogrammes*.

#### b) Infestation simulée du ravageur

Parallèlement aux essais d'infestation naturelle il a été procédé à des infestations simulées de *M. unipuncta* par la capture de femelles vivantes, récupérées dans les pièges lumineux, puis introduites dans des cages de mousseline soit 10 cages cubiques d'un mètre de côté, placées dans les champs à Remédios et espacés de 5 m ( fig. 105).



**Figure 105:** Type de cages en mousseline d'un m<sup>3</sup> utilisée pour les essais d'infestation simulée avec les femelles de *M. unipuncta*.

Il a été fait appel à deux doses de Trichogrammes pour chacune des espèces: 500 et 1000 Trichogrammes mis dans un "bambou-conteneur" et dix répétitions ont été exécutées. Les résultats obtenus (tab. 17 et 18) sont très proches de ceux réalisés au laboratoire.

Répétitions	Nbre. d'oeufs <i>M. unipuncta</i>	Nbre. de <i>T. evanescens</i>	% d'oeuf parasités
1	69	1000	2.3
2	187	1000	0.8
3	307	1000	0.7
4	69	1000	2.8
5	475	1000	0.6
6	216	500	0.1
7	344	500	3.7
8	518	500	1.07
9	77	500	0.5
10	194	500	5.2

**Tableau 17:** Pourcentages d'oeufs de *M. unipuncta* parasités par *T. evanescens* en cages situées en plein champ.

Les faibles résultats obtenus avec les lâchers de *T. evanescens* et *T. minutum* en plein champ et au laboratoire ne sont pas à relier à des conditions climatiques défavorables à la reproduction des espèces puisque les lâchers de Trichogrammes ont été effectués lors de journées chaudes et ensoleillées. Ils ne peuvent être non plus liés à l'insuffisance du nombre d'hôtes disponibles, du fait de notre apport d'hôtes, ni à l'absence de coïncidence car nous avons procédé à des lâchers saisonniers continus.

Répétitions	Nbre. d'oeufs <i>M. unipuncta</i>	Nbre. de <i>T. minutum</i>	% d'oeufs parasités
1	470	1000	0.7
2	520	1000	0.6
3	59	1000	2.5
4	489	1000	3.7
5	284	1000	4.7
6	673	500	3.4
7	476	500	2.6
8	85	500	3.5
9	176	500	0.4
10	567	500	0.8

**Tableau 18:** Pourcentages d'oeufs de *M. unipuncta* parasités par *T. minutum* dans des cages situées en plein champ.

Les causes de l'échec sont à rechercher plutôt dans l'incapacité de *T. evanescens* et *T. minutum* à découvrir les oeufs de *M. unipuncta* sur les plantes hôtes, car sont cachés sous le limbe. Des essais récents en olfactomètre ont montré de plus qu'effectivement les graminées exercent un effet répulsif sur ces oophages ce qui a déjà été signalé par MAYER, 1955; FEENY, 1976; GILBERT, 1979; ALTIERI *et al.*, 1982. Des recherches restent à entreprendre pour isoler parmi les quelques 150 espèces de Trichogrammes connues celles qui sont les mieux adaptées à la fois aux graminées et à *M. unipuncta*.

## H- CONCLUSIONS

Le succès des parasitoïdes dépend de la parfaite connaissance de la biologie et de l'éthologie des espèces de ravageurs à combattre mais aussi des différences qui existent entre les espèces d'oophages. Nos lâchers inondatifs avec *T. evanescens* et *T. minutum* contre *M. unipuncta* ne sont pas significatifs du point de vue de l'efficacité. Pourtant les deux espèces introduites sont proovigéniques et ont une capacité parasitaire semblablement élevée.

Le déroulement de l'élevage de *T. evanescens* tout au long d'une année a permis de mettre en évidence une grande hétérogénéité de sa capacité parasitaire durant 24 générations successives. C'est durant l'été que *T. evanescens* a, en conditions semi-

naturelles, la plus faible fécondité, on a remarqué chez cette espèce des différences très significatives de longévité et d'activité parasitaire selon la substance que l'on emploie pour la fixation des oeufs-hôtes. L'eau ou la vapeur d'eau sont les plus favorables pour les techniques de multiplication.

Les difficultés à retrouver en plein champ les oeufs de *M. unipuncta* sont certains et représentent l'obstacle principale pour l'évaluation directe de l'efficacité des lâchers périodiques des deux espèces, *T. evanescens* et *T. minutum*, qui ont été utilisées annuellement en 20 lâchers hebdomadaires et successifs durant les saisons d'été et de l'automne mais des expériences de laboratoire et des infestations simulées en plein champ ont révélé une faible activité parasitaire de ces oophages. Cet échec est peut-être dû à la perte de spécificité de ces Trichogrammes vis-à-vis *M. unipuncta*, après 23 années d'élevage intensif sur l'hôte de substitution *E. kuehniella*. Il peut être dû à la difficulté des femelles de l'oophage à découvrir les oeufs de *M. unipuncta* qui sont normalement protégés par le limbe des feuilles des graminées.

#### IV - UNITÉ DE PRODUCTION DE MASSE D'*EPHESTIA KUEHNIELLA*

##### A- GÉNÉRALITÉS

La Pyrale de la farine *E. kuehniella* est connue également sous le nom de "mediterranean flour moth". Elle mesure entre 16 à 25 mm d'envergure. Ses ailes antérieures, de couleur grisâtre, sont satinées, avec des lignes brisées noires, plus ou moins fondues dans le fond alaire. Les ailes postérieures sont blanchâtres et finement frangées (BALACHOWSKY, 1972).

Cette espèce a été décrite par ZELLER en 1877. En 1956 HEINRICH la déplace du genre *Ephestia* GUENEE (1845) dans le genre *Anagasta* (1879). En 1965 ROESLER replace l'espèce dans le genre *Ephestia*. C'est donc le nom d'*Ephestia* (= *Anagasta*) *kuehniella* que nous retiendrons.

Cette espèce, très connue dans le monde par la nature de ses dégâts, est certainement l'un des ravageurs les plus importants des produits alimentaires stockés (BROWER, 1983). Ces dernières années ses dégâts ont perdu de leur importance du fait des mesures de protections prises dans les nouvelles installations pour le stockage des denrées.

*E. kuehniella* permet la production d'un grand nombre de parasites et prédateurs dont nous ne donnons que quelques exemples: l'Hyménoptère *Phanerotoma flavistestacea* FISCHER, parasite ovo-larvaire d'*Ectomyelois ceratoniae* ZELL. (BILIOTTI & DAUMAL, 1969), l'Hémiptère *Cardiasthetus nazareus* REUTER (Anthocoridae), prédateur d'insectes (CARAYON, 1961 in DAUMAL, 1968), différentes espèces de Coccinellidae - comme l'aphidiphage *Semiadalia 11 notata* SCHN. (IPERTI *et al.*, 1972; SCHANDERL *et al.*, 1986) et *Harmonia axyridis* PALLAS (SCHANDERL, 1987), des larves de Cantharidae et de Syrphidae (LYON, 1968) ainsi que le parasite ovo-larvaire de la teigne de l'olivier, *Chelonus eleaphilus* SIL. (ARAMBOURG, 1967), qui sont élevés à partir des oeufs d'*Ephestia*.

La majorité de ces élevages n'est pas allé au delà de l'expérimentation et rares sont les exemples où ils ont donné lieu à une application à grande échelle contrairement à ce qui s'est passé pour les parasitoïdes oophages du genre *Trichogramma* (FLANDERS, 1930; MARCHAL, 1936; SCHUTTE & FRANZ, 1961; VOEGELE *et al.*, 1974).

Pour la production des Trichogrammes, l'élevage de la pyrale de la farine a pris des proportions de culture industrielle faisant appel à des technologies relativement précises (DAUMAL *et al.*, 1975; TAVARES, 1983).

La population d'*E. kuehniella* utilisée dans notre unité de production mise en place à partir de 1981 provient de l'unité pilote de l'INRA-Antibes, obtenue d'environ 150 adultes, multipliés intensivement depuis leur introduction à Antibes en 1962 par P. DELANOUE, cette population n'a jamais reçu d'autres apports (DAUMAL, communication personnelle). L'unité d'Antibes est passée d'une moyenne quotidienne de 250 000 oeufs en 1963 à 6 millions de 1973 à 1983. Cette unité pilote utilise comme aliment la semoule de blé dur fine (destinée à la fabrication des pâtes alimentaires). Cette unité a servi de base aux

prototypes industriels mis en place en France par l'U.N.C.A.A. et Limagrain (DAUMAL, 1987) et aussi à l'unité de production açoréenne.

### 1- Développement pré-imaginal

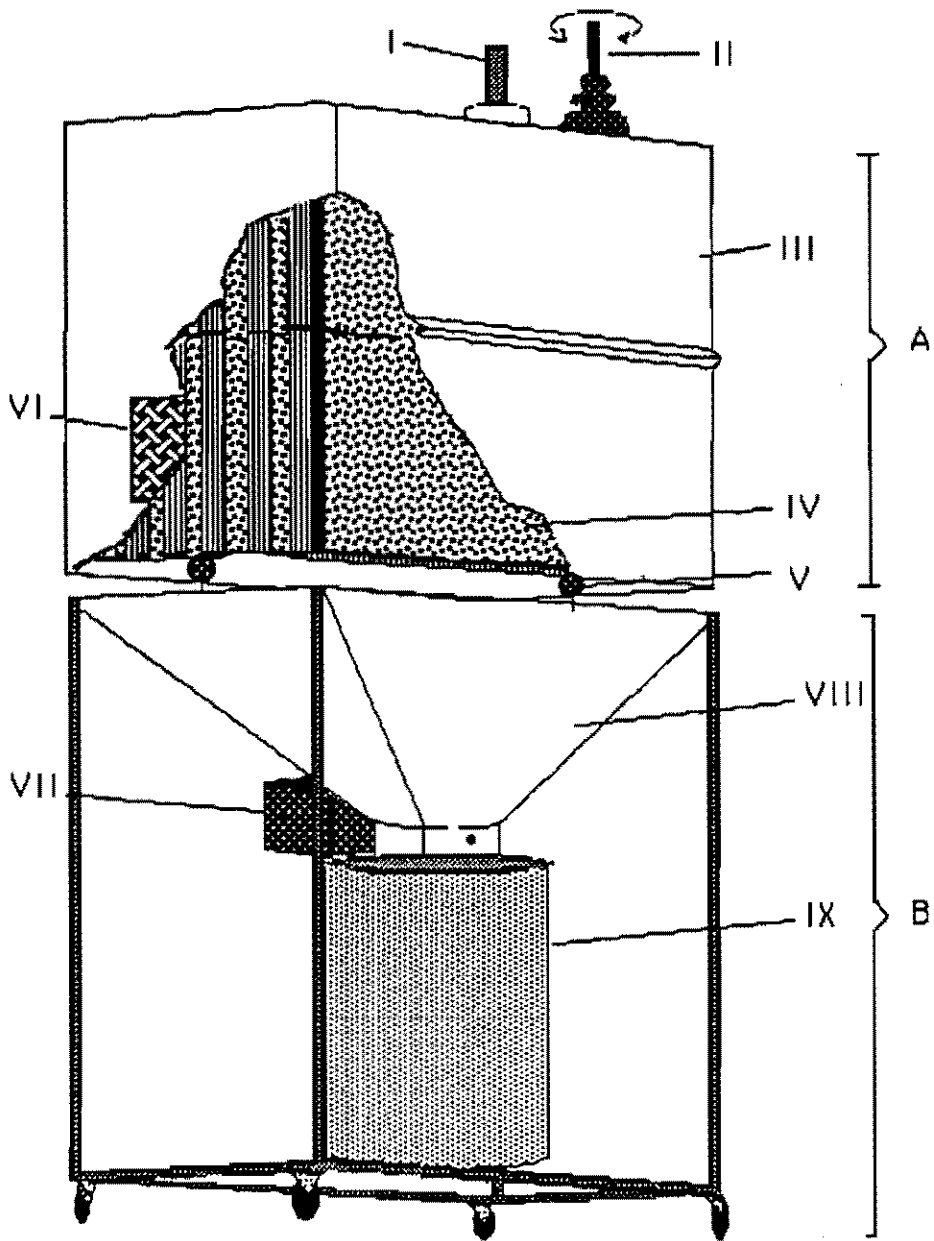
Le développement des stades pré-imaginaux est réalisé selon les techniques décrites par DAUMAL *et al.* (1975). Dans des bacs de 70 x 24 x 4 cm, contenant 2 kilogrammes de farine entière de maïs (grain broyé), formant une surface d'aliment de faible épaisseur de  $1.5 \pm 0.2$  cm. On y ajoute une structure en carton alvéolé qui est humecté d'eau qui reçoit 10 000 oeufs d'*E. kuehniella* âgés de 24 à 46 heures (quantité, proche du nombre d'alvéoles du bloc de carton). Les bacs sont stockés les uns au dessus des autres formant une pile de 24 bacs espacés entre eux de 2.5 cm. Dans ces bacs se déroulent les développements embryonnaire, larvaire et nymphale.

Dès son éclosion, la chenille reste dans le milieu alimentaire (farine) et subit un nombre de mues larvaires, généralement cinq, mais variable en fonction des facteurs biotiques et abiotiques: quatre mues (BURKHARDT, 1920; VON GIERKE, 1932), six mues (BRINDLEY, 1930). À chacun des stades la larve s'isole dans un fourreau de soie protecteur selon un comportement typique (DAUMAL, 1987).

Quand la chenille arrive au dernier stade larvaire, elle cesse de s'alimenter et sans quitter le milieu alimentaire elle occupe l'alvéole en carton placé au dessus d'elle. Les blocs contenant les nymphes et des larves d'*Ephestia* sont retirés des bacs. On nettoie le coté qui a été en contact avec l'aliment. Ils sont ensuite assemblés deux à deux de façon que les surfaces où se situent les nymphes soient exposées à l'air pour libérer les adultes.

### 2- Émergence

Ces nouveaux blocs sont mis sur tranche dans leur longueur à l'intérieur d'une armoire de forme parallépipédique (fig. 106-A). Sa partie inférieure a un entonnoir qui permettra le passage par gravité des papillons vers les cylindres de ponte (fig. 106-B).



**Figure 106:** A = Cage d'émergence d'*E. kuehniella*. (III): I= entrées d'air comprimé et du CO<sub>2</sub> et valvules; II= vibreur du support des blocs; III= caisson; IV= vue intérieure des blocs; V= amortisseur; VI= fenêtre d'aération. B = Entonnoir de récolte des papillons (VIII): VII= valvule électronique et IX= cylindre de récupération des imagos et de ponte.

Journellement, après l'éclosion des premiers papillons, un contrôle électronique déclenche automatiquement une série d'opérations, dans le but de retirer les papillons de l'armoire puis qui ferme hermétiquement l'armoire. Après quelques secondes une valvule électronique introduit de l'anhydride carbonique, pendant 45 secondes. S'ouvre ensuite une valvule entre l'entonnoir et le cylindre qui laisse passer les papillons. Ils tombent dans l'entonnoir grâce à un vibreur mis en route simultanément qui fait osciller le support des

blocs de carton et facilite la chute des papillons narcosés. Ces opérations terminées on injecte l'air comprimé qui aère l'armoire. Les écailles des papillons et le CO<sub>2</sub> sont évacués vers l'extérieur du bâtiment (TAVARES, 1983).

### 3- Ponte

Le cylindre contenant les papillons est placé en position horizontale dans un pondoir (fig. 107).

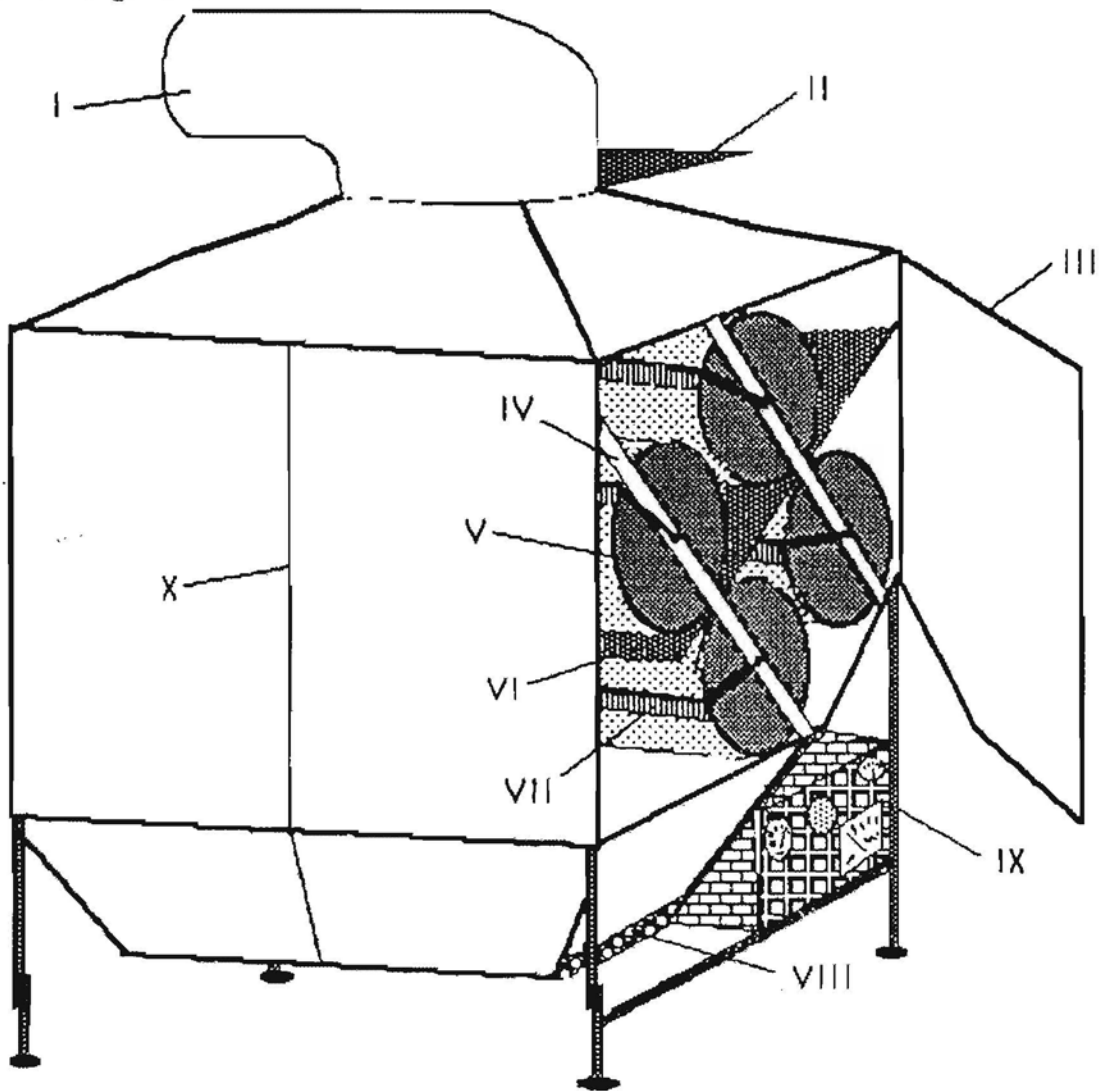


Figure 107: Pondoir contenant les 8 cylindres dans lesquels sont introduits les adultes d'*E. kuehniella* : I= entrée de l'air et sortie des écailles; II= valvule; III= porte droite; IV= barre de support des cylindres; V= cylindre de ponte; VI= cloison entre les 2 blocs des cylindres; VII= brosses; VIII= tiroir de récolte des oeufs; IX= moteur et contrôle électronique; X= cloison de séparation des 2 compartiments.

Le pondoir est divisé en deux compartiments par une cloison. Chacune d'elles comporte 4 cylindres. Les cylindres sont en grillage et font une rotation de 6 à 7 tours et sont contrôlés électroniquement 4 fois par jour, tout en permettant aux pinceaux de nettoyer le grillage des cylindres des écailles et des oeufs. Ceux-ci tombent dans la partie inférieure du pondoir, dans un tiroir. Les écailles sont aspirées et projetées à l'extérieur. L'intérieur du pondoir est éclairé 16 heures par jour.

Les oeufs obtenus sont nettoyés à l'aide d'un aspirateur qui retire les pattes et les écailles. Les oeufs destinés aux Trichogrammes sont ensuite soumis aux ultraviolets et stockés à 1°C, de 1 à 30 jours (VOEGELE *et al.*, 1975). En revanche les oeufs destinés à l'élevage d'*Ephestia* resteront à  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  et à 12 heures de photopériode.

## B- ÉTUDE DU DÉVELOPPEMENT D'*E. KUEHNIELLA* ISOLÉ ET EN GROUPE

L'élevage intensif d'un insecte nécessite une bonne connaissance des principaux facteurs biotiques et abiotiques qui conditionnent qualitativement et quantitativement le développement et la reproduction de ce dernier. Nous avons étudié ces conditions pour *E. kuehniella* isolé ou en groupe.

Dans nos élevages nous avons toutefois décelé des modifications brutales de la température, quelques jours avant la nymphose. La température monte dès que le nombre de Pyrales est élevé. Les observations dans ce sens ne manquent pas depuis celle de WISHART (1942), puis celles d'OZER (1953) et DAUMAL *et al.* (1975). Nous avons mesuré ces différences de température et d'humidité relative dans notre élevage d'*Ephestia* où la densité est voisine de 5 chenilles au  $\text{cm}^3$ .

Différents auteurs admettent que le prix de production des Trichogrammes est hautement influencé par le coût de production de l'hôte de substitution. HOFFMAN (*in* HARDIN, 1981) signale qu'aux U.S.A. 90% du prix de ces parasitoïdes est dû à la production de *S. cerealella*. En Suisse, entre 1980 et 1986, des recherches vont dans le même sens mais sur *E. kuehniella* (BIGLER, 1986). En France, comme dans beaucoup

d'autres pays, ces productions sont réalisées par des entreprises privées. Pour notre part, nous avons essayé de mettre au point une méthodologie fiable permettant de connaître le nombre de mâles et de femelles, leur poids respectifs, la quantité d'oeufs produits par chaque bloc d'élevage. Ces données sont indispensables pour évaluer la productivité de l'unité de l'hôte de substitution. Au niveau de la ponte il est également intéressant de contrôler le nombre d'oeufs perdus au niveau des pondoirs.

L'ensemble de ces contrôles, tout au long d'une année, permet de savoir s'il existe ou non un rythme annuel différent entre nos élevages et ceux soumis à des conditions semi-naturelles.

L'étude de la ponte, implique de connaître l'ovogénèse d'*E. kuehniella*. Celle-ci a été étudiée par GUEULIN & DURAND (1980). Dès l'émergence, les huit ovarioles, du type méroïstique polytrophique, contiennent des oeufs chorionnés prêts à être pondus et des follicules en succession régulière. Les ovocytes contenus dans une ovariole ne présente pas de différence significative avec celui contenu dans les autres ovarioles (RANDRIAMIOATHRA, 1982). Les phénomènes de dégénérescence connus chez d'autres lépidoptères des denrées [*S. cerealella* (STOCKEL, 1973), *P. interpunctella* (LUM, 1983)] n'apparaissent chez les femelles vierges ou insuffisamment fertilisées que plusieurs jours après l'émergence.

Les mâles d'*E. kuehniella* sont plus sensibles que les femelles aux baisses prolongées de la température (TAVARES & DAUMAL, 1983). La fécondité des femelles est affectée par la "qualité" de l'accouplement et par le pouvoir fertilisant du sperme contenu dans le spermatophore, car la femelle mal fécondée meurt sans pondre la totalité de ses oeufs (DAUMAL, 1987).

L'examen des ovaires par dissection donne d'autres informations notamment sur: le raccourcissement des ovarioles, la turgescence, la transparence ou le contenu de la bourse copulatrice et, qui indiquent que la fécondation a été complète, partielle, unique ou multiple, ce qui détermine l'efficacité de l'accouplement et du pouvoir fertilisant d'un mâle se répercutant sur la fécondité des femelles (DAUMAL, 1987) et aussi l'évaluation de l'efficacité de la technologie utilisée.

## 1- Matériel et méthodes

Pour le développement individuel, 60 larves sont isolées à l'éclosion dans un tube de verre (10 X 100 mm) avec différentes quantités de maïs et d'orge broyés (0.065, 0.37 et 0.60 g). L'élevage sur les grains entiers de ces deux céréales a échoué. Le choix des quantités citées a été basé sur le poids moyen d'un grain d'orge ou de maïs ce dernier pesant deux fois plus que le premier.

Pour le développement en groupe, il est formé à l'éclosion 7 groupes de 200 chenilles. Chaque groupe est introduit dans une boîte cylindrique de plastique transparente (800 cc). Il reçoit l'une des quantités de farine de maïs (grain broyé) suivantes: 30, 40, 50, 60, 80, 100 et 120 g. Sur la farine on place une structure en carton alvéolé de 2 cm de hauteur pour la nymphose de l'insecte.

Tout le développement se déroule à 25°C ( $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ) à 70% ( $\pm 5\%$ ) d'humidité relative et sous 16 heures de photopériode.

Les essais ont été suivis de 24 en 24 heures. Dans quelques uns il a été étudié les paramètres suivants en tenant compte des sexes:

- durée du cycle,
- hétérogénéité des émergences,
- mortalité,
- sex-ratio,
- rythme de ponte,
- chenilles à développement anormalement long (restant au stade de chenille après le 3ème mois de développement).

La ponte d'*E. kuehniella* s'effectue durant 5 jours dans des boîtes cylindriques transparentes (5 cm de diamètre et 2.5 cm de hauteur) et il est compté journalièrement le nombre d'oeufs pondus.

## 2- Résultats

### a) Développement des individus isolés

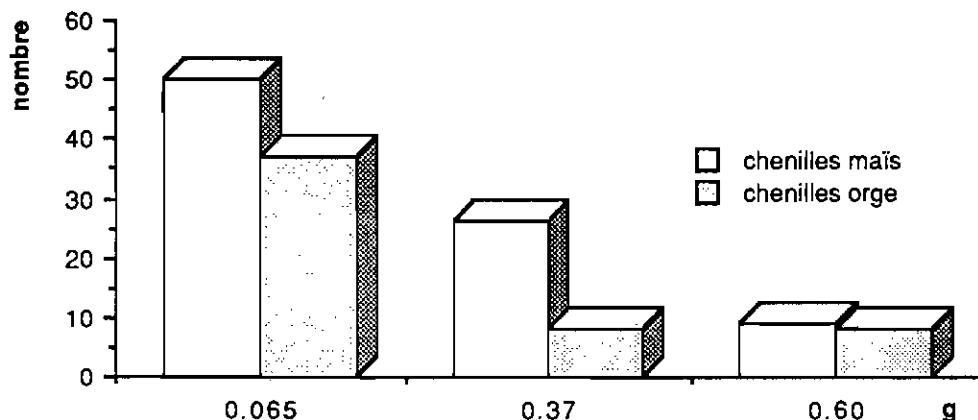
#### (1) Sur grain entier

Comme nous l'avons déjà signalé, aucun individu d'*Ephestia* n'est arrivé au stade adulte, la mortalité est observée dès les premiers jours. Ces résultats semblent contredire les observations de LANDOIS (1886) qui signale que cet insecte s'attaque aux farines ou aux grains de la plupart des céréales.

#### (2) Sur céréales broyées

##### - Chenilles à développement long

À la dose la plus faible d'orge (0.065 g) quelques individus arrivent au stade adulte. À la même dose le maïs ne permet pas le développement complet des individus. La carence alimentaire entraîne le prolongement du cycle des chenilles présumées plus jeunes. Il se maintient ainsi même après apport d'aliment. Ces individus à développement ralenti se retrouvent dans les élevages plus importants mais sont plus rares (fig. 108).



**Figure 108:** Nombre de chenilles d'*E. kuehniella* à développement long (restant encore au stade larvaire au 3ème mois de développement) selon la dose d'aliment par individu.

Selon DAUMAL (1987), 0 à 25% de ce type de larves d'*E. kuehniella* sont présentes dans tous les lots étudiés. Celles-ci ne donnent des imagos qu'après avoir triplé ou quadruplé la moyenne de la durée moyenne du développement de la population.

Différents auteurs attribuent une telle prolongation du développement larvaire soit à la carence du milieu (VOUKASSOVITCH & VOUKASSOVITCH, 1934; ALLEGRET, 1963) pour *Galleria mellonella*, soit à la compétition (ULLYETT & MERWE, 1947), soit à la toxicité (SMITH, 1969; CORBET, 1971), soit encore à la modification du taux d'hormone juvénile (COLLN, 1973; NOWOCK, 1973; GIEBULTOWICZ *et al.*, 1980; KALLENBORN & MOSBACHER, 1983; PLANTEVIN *et al.*, 1985).

#### - Durée du cycle pré-imaginal

On voit que la durée du cycle pré-imaginal d'*E. kuehniella* en fonction de la quantité de céréale disponible (fig. 109), est d'autant plus longue que la dose d'aliment est plus faible (70 jours pour les mâles et 78 jours pour les femelles). Le cycle le plus court est obtenu avec la dose de 0.60 g, quel que soit l'aliment (54 à 60 jours). Pour l'orge on n'observe pas de différence significative entre les doses 0.37 et 0.60 g.

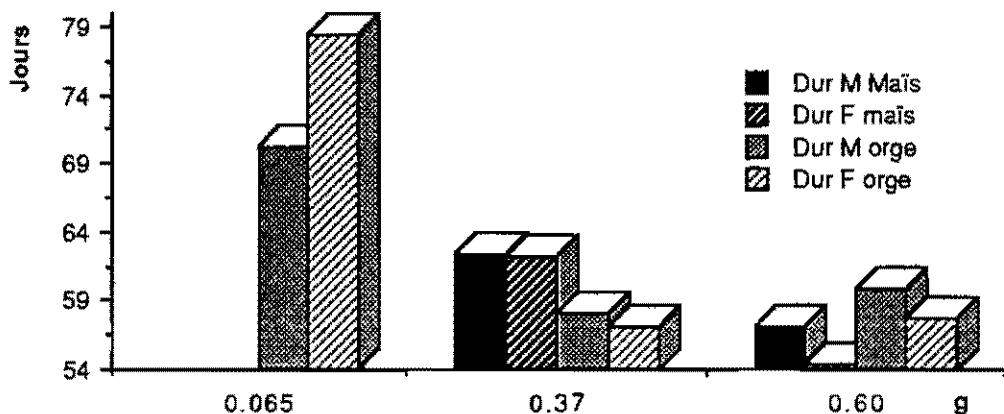
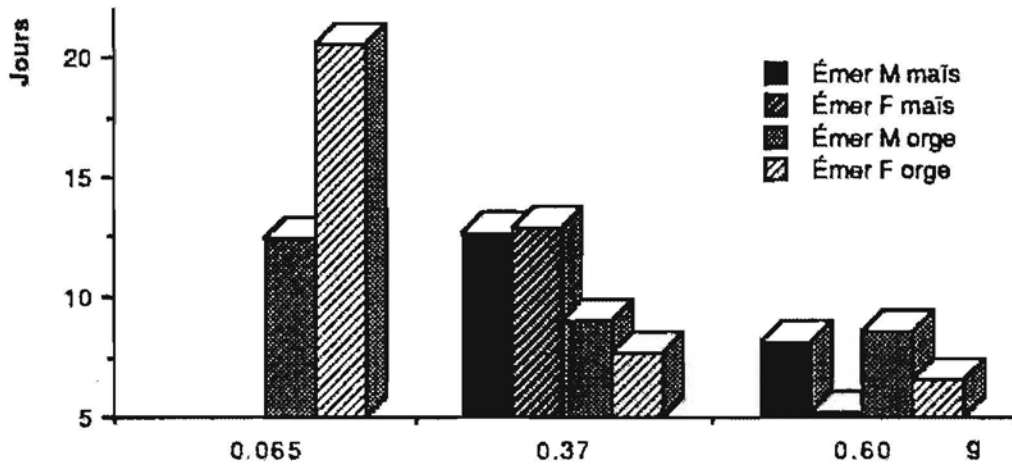


Figure 109: Durée moyenne du cycle d'*E. kuehniella* selon la quantité et la qualité de l'aliment mis à la disposition de chaque chenille (M= mâle et F= femelles).

#### - Étalement des émergences

L'examen du déroulement des émergences (fig. 110) jusqu'à l'obtention de 95% d'adultes d'*Ephestia* montre à nouveau que les faibles doses d'aliment augmentent significativement l'hétérogénéité du développement et se répercutent sur les sorties

imaginables. On voit aussi que la population élevée sur le maïs à 0.37 g et sur l'orge à 0.065g présente une hétérogénéité d'émergence ( $7.5 \pm 0.5$  jours) comparable chez les mâles, plus atténuée chez les femelles.



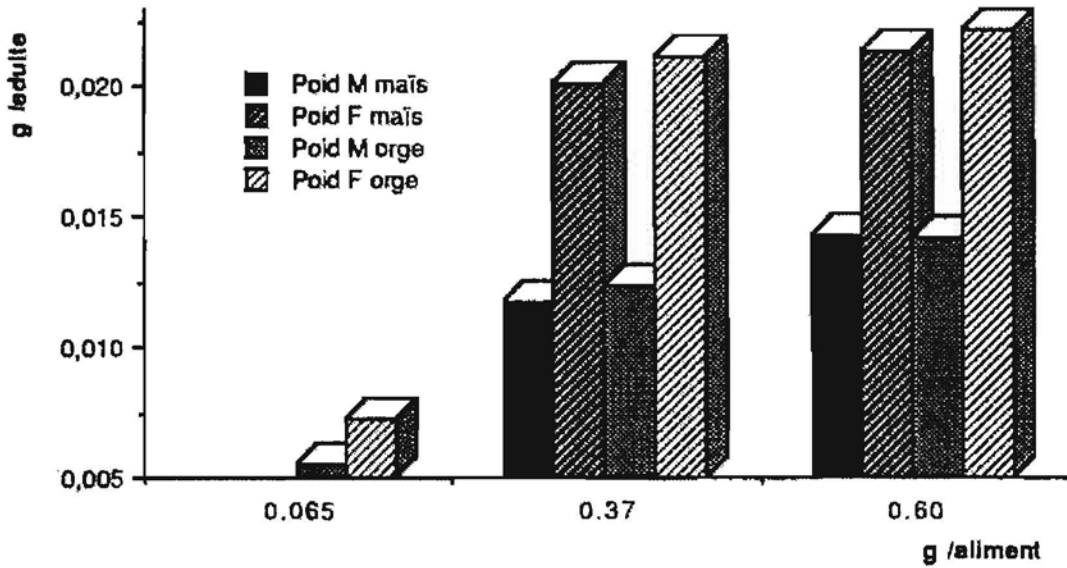
**Figure 110:** Étalement des émergences des adultes d'*E. kuehniella* en fonction de la quantité et de la qualité de l'aliment disponible (M= mâles; F= femelles).

#### Poids des papillons

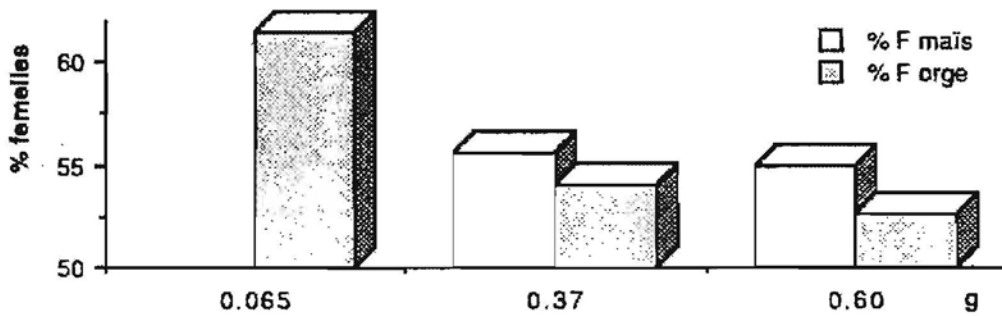
En ce qui concerne l'influence de l'aliment au stade larvaire sur les poids des papillons, l'examen de la fig. 111 nous montre que ceux-ci sont comparables à la fois pour les deux doses de 0.37 et 0.60g, pour les 2 aliments: orge et maïs, qu'ils doublent chez les femelles par rapport aux mâles à la dose 0.37g par rapport à la dose de 0.60g. Les poids moyens obtenus furent en effet de 0.0143 g pour les mâles et de 0.0222 g pour les femelles.

#### - Sex-ratio

Dans toutes les expériences, la sex-ratio a toujours été favorable aux femelles pour la souche considérée. Selon l'aliment, son expression en pourcentage est variable (52 à 62 %). Aux doses 0.37 et 0.60g le maïs est l'aliment le plus favorable aux femelles (fig. 112). La dose d'aliment la plus faible d'orge (0.065 g) présente également le pourcentage de femelles le plus important.



**Figure 111:** Poids moyen en grammes des adultes d'*E. kuehniella* en fonction de la quantité et de la qualité de l'aliment disponible (M= mâle; F= femelle).

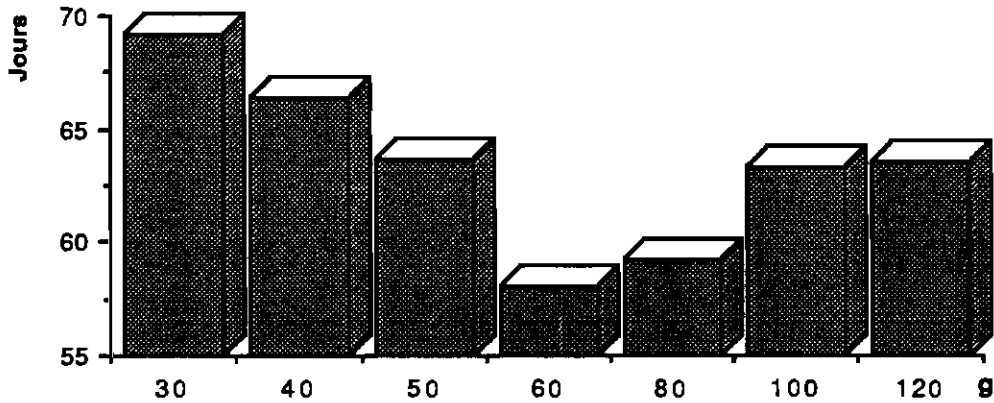


**Figure 112:** Pourcentage de femelles d'*E. kuehniella* en fonction de la quantité et de la qualité de l'aliment ingéré au cours du développement larvaire.

## b) Développement en groupe

### (1) Durée du cycle

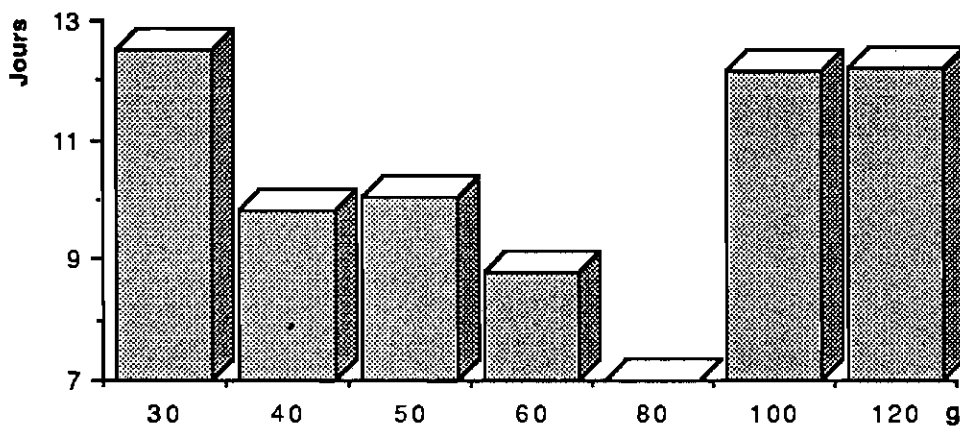
Lors du développement en groupe, les résultats montrent (fig. 113) que les doses faibles (30, 40 et 50 g) ou élevées (100 et 120 g) augmentent la durée du développement larvaire et nymphal de l'insecte. Le contraire est vérifié aux doses moyennes de 60 et 80 g, la durée de ce développement n'étant plus que de 58 et 59 jours, respectivement. Le test "t" n'a révélé aucune différence significative entre la durée du développement et la quantité d'aliment.



**Figure 113:** Durée du développement pré-imaginal d'*E. kuehniella* (groupes de 200 individus) en fonction de la quantité d'aliment disponible en grammes.

## (2) Étalement des émergences

L'étalement des émergences des adultes, élevés en groupe, est le plus faible pour les doses de 60 et 80 g (8.5 et 7 jours, respectivement, fig. 114) et le plus élevé pour la dose la plus faible (30g) et les plus hautes (100 et 120 g). Selon la quantité d'aliment mis à la disposition de la chenille l'étalement des émergences (donc la durée du développement peut passer pratiquement du simple au double; l'excès d'aliment ne conduit donc pas à un raccourcissement du développement mais au contraire) ce qui ne présume pas d'une perte de poids (figs. 111 et 115).



**Figure 114:** Étalement moyen des émergences d'*E. kuehniella* calculé à partir de l'émergence du 1er adulte en fonction de la quantité de maïs disponible pour des élevages de groupes (200 chenilles).

## (3) Poids des adultes

Le poids le plus élevé des adultes en fonction du sexe et de la quantité d'aliment mis à la disposition des chenilles est observé à la dose de 100g (0.0141g pour les mâles et 0.0226g pour les femelles), les femelles présentant toujours un poids de l'ordre de 60% plus élevé par rapport à celui des mâles (fig. 115). Par rapport aux autres doses les quantités d'aliment de 30 et 40g ont limité significativement le poids des adultes des 2 sexes. De 50g à 120g il n'y a pas de différence significative entre les poids obtenus.

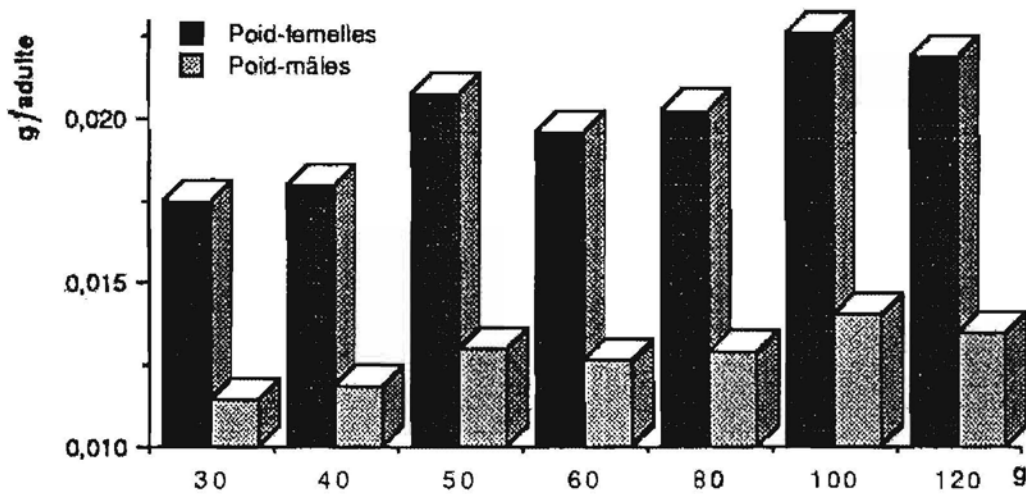
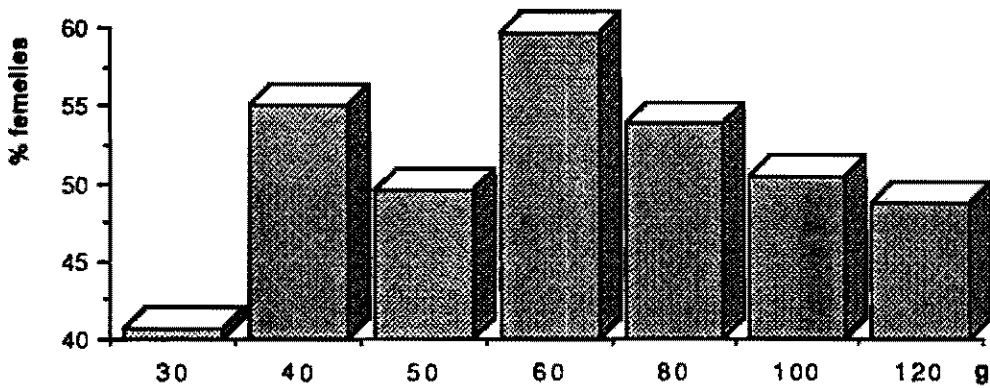


Figure 115: Poids (g) des adultes d'*E. kuehniella* dont les larves ont été élevées en groupe en fonction de la quantité d'aliment.

Par ailleurs, les droites de régression du poids des adultes est de  $Y = 0.0004x + 0.0114$  ( $R = 0.76$ ) et  $Y = 0.0007x + 0.0172$  ( $R = 0.79$ ) pour les mâles et femelles, respectivement, révèlent bien l'influence de la dose d'aliment sur le poids des adultes des 2 sexes.

## (4) Pourcentage de femelles

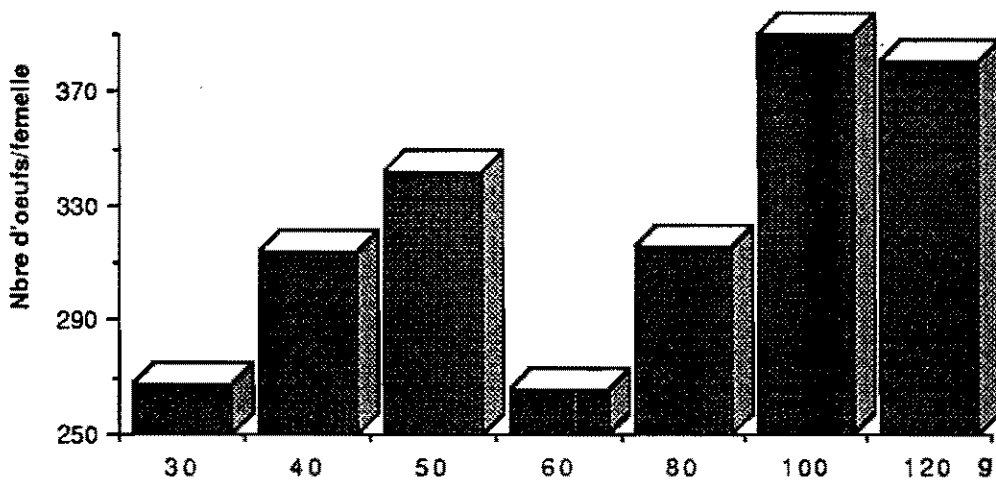
Comme nous l'avons observé pour les chenilles isolées, la sex-ratio d'*E. kuehniella* est favorable aux femelles sauf aux doses de 30 et 120g, c'est-à-dire, aux doses extrêmes (fig. 116).



**Figure 116:** Pourcentage de femelles d'*E. kuehniella*, en fonction de la quantité d'aliment disponible lorsque les larves ont été élevées en groupe.

#### (5) Fécondité

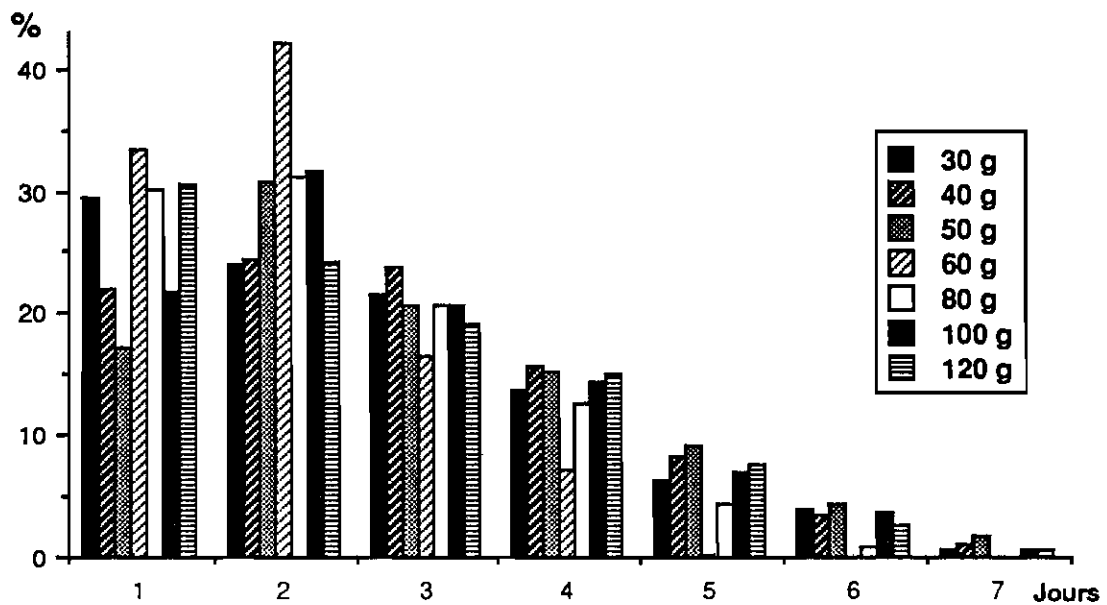
Le poids de la larve en fin d'alimentation d'*E. kuehniella* est un indicateur de la fécondité ultérieure de l'imago (RANDRIAMIHOATRA, 1982). Nous retrouvons en effet, fig. 117, cette relation avec cependant une anomalie aux doses 60 et 80 g, c'est-à-dire, une baisse de fécondité, que seule une nouvelle répétition de l'essai confirmerait. Les valeurs moyennes obtenues à chaque dose indiquent que, quelle que soit la dose, le nombre moyen d'oeufs pondus par femelle dépasse 250 oeufs.



**Figure 117:** Fécondité (moyenne d'oeufs pondus) d'*E. kuehniella* selon les quantités d'aliment disponibles au stade larvaire.

## (6) Rythme de ponte

Les résultats obtenus ont aussi indiqué qu'aux doses extrêmes (30 et 120 g), 1/3 de la ponte d'*E. kuehniella* est déposée au cours du premier jour alors qu'aux autres doses, la ponte la plus forte se situe au 2ème jour (fig. 118). Quel que soit l'essai considéré c'est durant les deux premiers jours que plus de 50% des oeufs sont déposés. 95% de la progéniture est atteinte au 5ème jour pour la dose de 60g, un jour plus tôt pour la dose de 80g et seulement au 6ème jour pour la dose de 50g.



**Figure 118:** Rythme de ponte, en pourcentage, des femelles d'*E. kuehniella* pendant 7 jours à 20°C, en fonction de la quantité de maïs disponible pour 200 chenilles au stade larvaire.

De cette bonne connaissance du rythme de ponte des femelles d'*E. kuehniella* dépend celle du rythme de récolte des oeufs. Il y a lieu de faire d'une part la capture des adultes au bon moment par une technique simple qui ne les traumatise pas et, d'autre part, de collecter les oeufs à la bonne période, sans les endommager.

## C- ACTION DE LA TEMPÉRATURE ET DE L'HUMIDITÉ RELATIVE.

### 1- Matériel et méthodes

Une pile de 24 bacs contenant des chenilles d'*Ephestia* avec 24 bacs a été suivie tous les jours durant tout le développement pré-imaginal. Les bacs ont été numérotés

du haut vers le bas de 1 à 24. Cette pile a été placée au centre d'une pièce climatisée de 200m<sup>3</sup>. Pendant la durée de l'étude des mesures de température et d'humidité ont été prises dans les 1er, 6ème, 12ème, 18ème et 24ème bacs au centre et aux deux extrémités de chacun. Une mesure de référence (témoin) celle de la pièce a été prise à une distance de 50 cm de la pile, au niveau du bac moyen. Les mesures ont été prises par un thermohygromètre digital JENWAY-5500, vers 14 heures.

## 2- Résultats

Les résultats enregistrés durant toute la durée de développement larvaire et nymphale révèlent, par la droite de régression (fig. 119), qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes de température et d'humidité relative, au niveau des différents bacs ainsi qu'entre ces derniers et le témoin.

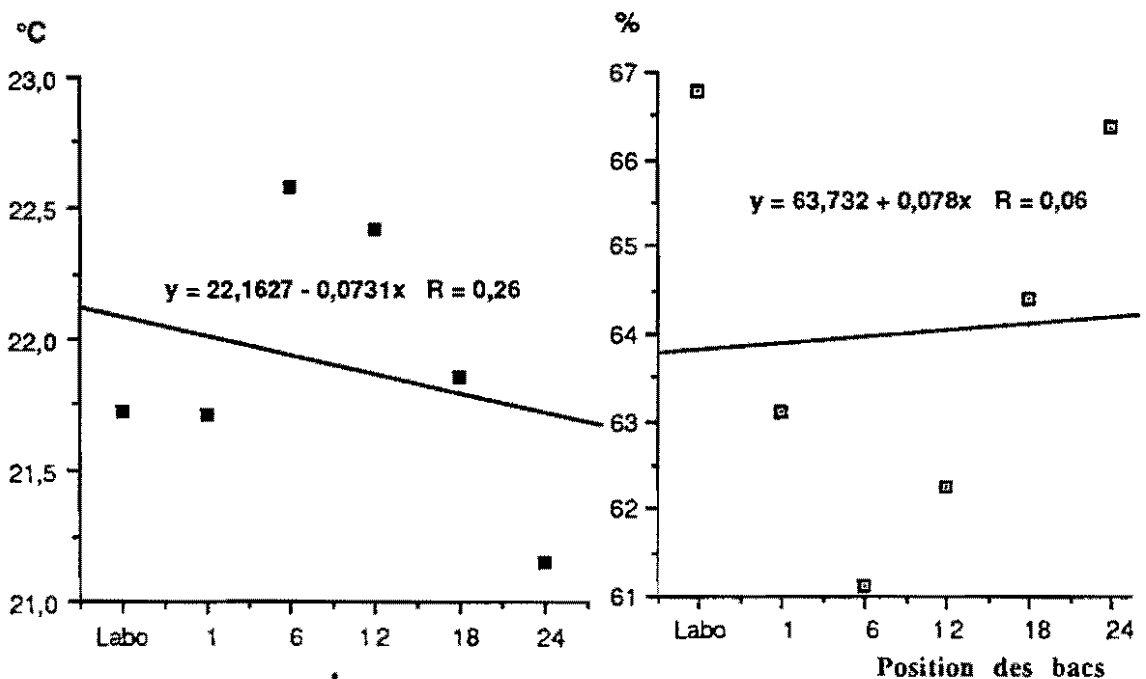


Figure 119: Moyennes des températures et humidité relatives prises le jour pendant la durée du développement pré-imaginal d'*E. kuehniella* à 5 hauteurs différentes dans les bacs (1er, 6ème, 12ème, 18ème et 24ème) et dans le témoin (Labo).

La comparaison des moyennes deux à deux par l'analyse du test "t" (tab. 19) met en évidence quelques différences au niveau de la température entre le bac 24 et les 6ème

et 12ème. Il y a aussi des différences hautement significatives entre les relevés des températures prises entre le témoin et les 6ème et 12ème bacs, ainsi qu'entre le 1er et le 18ème. On sait qu'il peut en exister aussi entre le jour et la nuit.

En ce qui concerne l'analyse de l'humidité relative par le test "t" (tab. 20), un seul cas montre une différence significative à 5 % a entre l'humidité relative du témoin et l'humidité du 6ème bac.

1	2.24#				
6	3.80*	1.54			
12	3.55*	1.29	0.93		
18	2.62#	0.29	1.21	0.93	
24	1.34	1.33	2.56@	2.33@	1.40
	TA	1	6	12	18

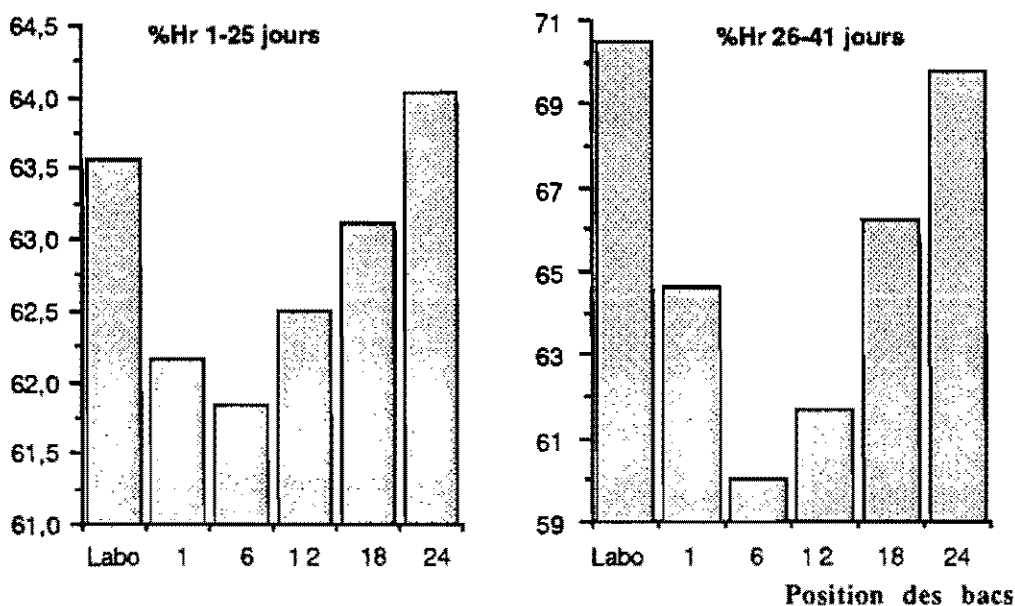
**Tableau 19:** Comparaison par le test "t" des températures moyennes obtenues pendant le cycle pré-imaginal d'*E. kuehniella* dans différents bacs (1, 6, 12, 18 et 24) et la température du laboratoire (TA). \*= hautement significatives (1 ‰), #= significative à 1% et @= significative à 5%.

1	1.34				
6	2.12@	0.72			
12	1.62	0.30	0.40		
18	0.80	0.41	1.07	0.67	
24	0.11	1.03	1.71	1.29	0.58
	HRA	1	6	12	18

**Tableau 20:** Comparaison par le test "t" des humidités relatives obtenues pendant le cycle pré-imaginal d'*E. kuehniella* dans les différents bacs (1, 6, 12, 18 et 24) et l'humidité relative du laboratoire (HRA).@= significative à 5%.

Les mesures journalières de la température et de l'humidité relative ont permis de remarquer que durant les premiers 25 jours d'élevage il y a environ 1°C de plus dans les bacs qui sont les plus élevés, notamment le 1er, le 6ème et le 12ème. Par contre, dans les

température augmente l'humidité diminue. Ainsi, l'humidité relative mesurée dans le milieu d'élevage est inférieure à celle observée dans l'environnement. En ce qui concerne la température, à partir du 25ème jour les différences sont plus accentuées, car l'humidité relative descend de 20% dans les 6ème, 12ème et 18ème bacs, et de 15 et 10% dans les 1er et 24ème, respectivement (fig. 120).

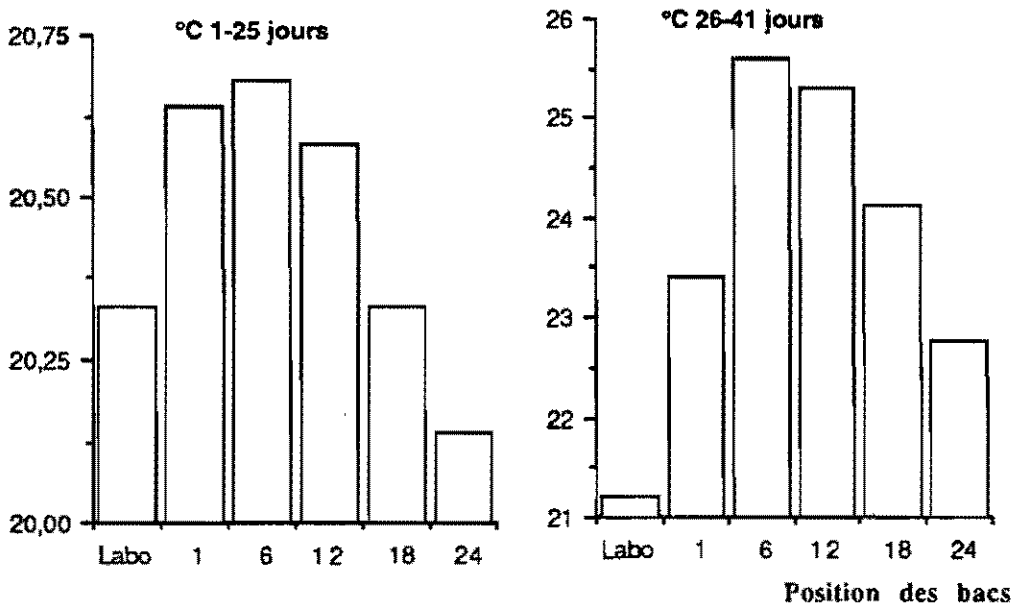


**Figure 120:** Moyennes des humidités relatives prises dans l'élevage d'*E. kuehniella* (bacs 1, 6, 12, 18 et 24) et au laboratoire (témoin), en deux périodes: du 1er au 25ème jour et du 26ème au 41ème jour.

La comparaison des températures par le test "t" des deux périodes considérées nous montre des différences hautement significatives à 1‰ au niveau des températures, soit dans les bacs, soit dans le témoin. En ce qui concerne l'humidité relative, la même analyse n'a pas mis en évidence de différence significative.

La production de chaleur vérifiée au niveau d'une pile, entraînée par les derniers stades larvaires d'*E. kuehniella*, met en évidence la nécessité d'avoir une bonne régulation thermique et hydrique par ventilation dans la pièce d'élevage de cet hôte pour briser ces échauffements. Cette augmentation de température au niveau d'un élevage avec plusieurs millions d'individus va croître considérablement dans un premier temps, les insectes n'ayant pas la possibilité d'agir sur la température par régulation interne, ils

18ème et 24ème bacs, la température est inférieure au témoin. En revanche à partir du 25ème jour il y a une augmentation considérable de la température dans tous les bacs. Celle-ci se maintient jusqu'à l'émergence des premiers adultes (fig. 119). La valeur maximale de température a été vérifiée dans les 6ème, 12ème et 18ème bacs au 28ème jour du cycle, moment où la température s'est élevée en effet de plus de 7°C à 8°C. La valeur la plus basse se situe dans les bacs 1er et 24ème (les plus extrêmes de la pile et peut être les plus aérés).



**Figure 119:** Moyennes des températures prises dans l'élevage d'*E. kuehniella* (bacs 1, 6, 12, 18 et 24) et dans le témoin (Labo) au cours de deux périodes: du 1er au 25ème jour et du 26ème au 41ème jour.

Ce phénomène de production de chaleur qui est à attribuer à des modifications physiques du milieu alimentaire, est différent de celui que l'on connaît chez les insectes sociaux. Par exemple, chez les termites, la température vérifiée au nid (cavité d'un arbre) est supérieure de 3 à 4 °C à celle de l'environnement. Le même fait se vérifie chez les fourmis "anomma", qui vivent en communautés de plusieurs millions d'individus, lesquelles, même en repos, élèvent la température de la fourmilière de 4 à 5°C par rapport à l'environnement (DELYE, communication personnelle).

D'autre part, ce travail met en évidence l'interdépendance des facteurs humidité du milieu et température, mais dans les élevages il est évident qu'au fur et à mesure que la

choisiront les endroits les moins chauds et par conséquent ils sortiront des bacs en provoquant des baisses de rendement et de productivité des élevages. Les températures élevées sont, par ailleurs, très favorables au développement de certaines maladies (DAUMAL *et al.*, 1981).

En résumé, une augmentation incontrôlée de la température dans l'élevage va réduire la durée du développement pré-imaginal d'*E. kuehniella*, mais entraîner d'autres modifications difficilement analysables.

## D- ÉVALUATION DE LA PRODUCTION

### 1 - Matériel et méthodes

L'évaluation de la productivité de l'hôte a été effectuée dans 5 piles (A, B, C, D et E), dans les conditions d'élevage décrites, sauf en ce qui concerne le dispositif de ponte des adultes qui à l'époque (1985-86) n'était pas encore au point. En effet, la ponte d'*E. kuehniella* avait lieu dans des cylindres de cuivre de 30 cm de diamètre et d'une hauteur variable de 20 à 30 cm, aux bases grillagées. Les oeufs tombaient vers des rigoles par l'intermédiaire d'entonnoirs situés à la base de chaque cylindre.

Dès le début des émergences, les adultes sont récoltés et pesés tous les jours sur une balance METLER PC 2000, ainsi que leurs oeufs durant 5 jours. D'autre part, une évaluation partielle de la fécondité est faite chaque semaine, durant les 3 premières semaines d'émergence des adultes de la pile, au niveau de 30 femelles d'*E. kuehniella*, retirées au hasard et isolées.

### 2- Résultats

La quantité d'adultes obtenus montre une grande variabilité (fig. 121). D'une façon générale, la quantité d'adultes produits par jour est inférieure à 200 g. Cette valeur a été dépassée par les populations A et B - au 5ème et 6ème jours - et par la population C - au 4ème, 6ème et 8ème jours.

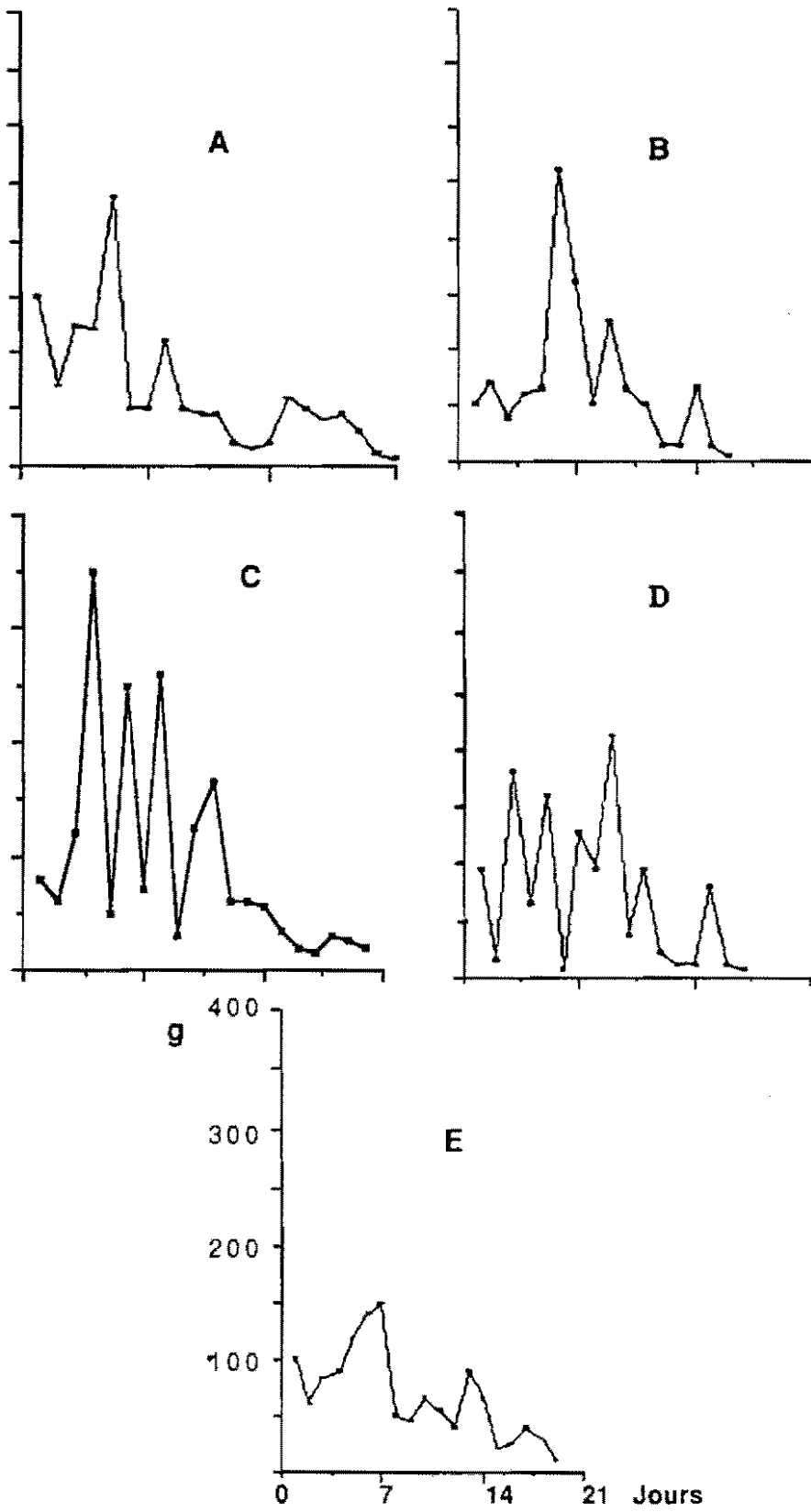
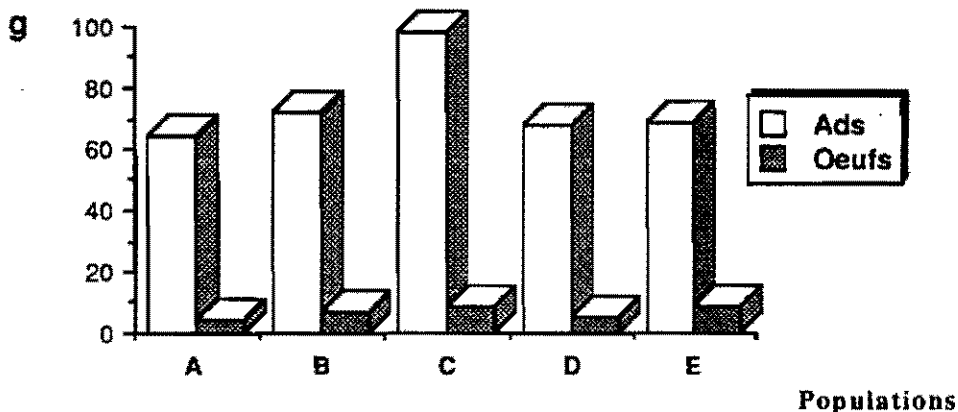


Figure 121: Production journalière d'adultes (g) de cinq populations d'*E. kuehniella* (A, B, C, D et E).

En ce qui concerne l'étalement des émergences des adultes (95% de la population), il ne dépasse pas 3 semaines. La plus grande quantité d'adultes émergés a lieu durant la première et la deuxième semaine.

La moyenne journalière d'adultes obtenus varie entre 64 et 98g, ce que vérifie la population C (fig. 122). Si nous comparons par le test "t" les quantités moyennes d'adultes produits par chaque population, on vérifie qu'il n'y a pas de différence significative entre le poids d'adultes des différentes populations (tab. 21).



**Figure 122:** Production journalière de cinq populations (A, B, C, D et E) d'*E. kuehniella* en adultes (Ads) et oeufs.

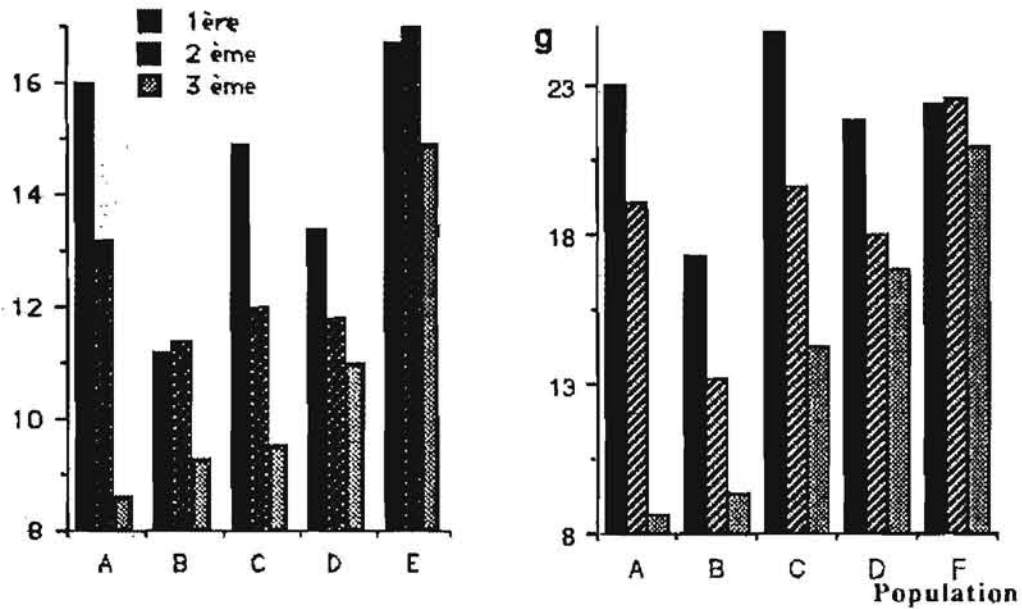
<b>B</b>	0.38			
<b>C</b>	1.42	0.99		
<b>D</b>	0.19	0.19	1.21	
<b>E</b>	0.34	0.15	1.55	0.90
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>

**Tableau 21:** Comparaison par le test "t" du poids des adultes de cinq populations d'*E. kuehniella* (A, B, C, D et E), non significatif.

La production d'oeufs suit celle des adultes (fig. 122). Les valeurs journalières les plus faibles ont été obtenues pour les populations A et D, 4.3 et 5.3g, respectivement, et les plus fortes pour la population C et E, 9.1 et 8.9g, respectivement (1g = 35.000 ± 1.000 oeufs).

## a) Contrôle hebdomadaire de la production

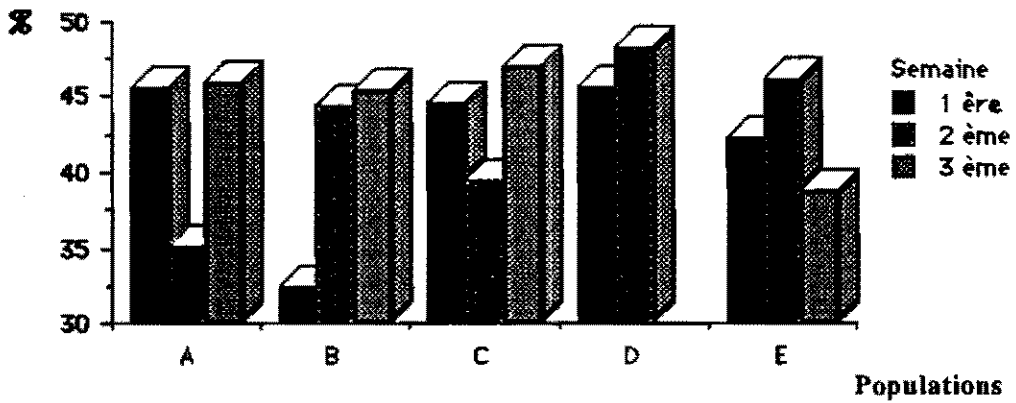
La grande variabilité observée, au niveau du poids d'adultes produits et de la sex-ratio dans les cinq populations étudiées, a nécessité d'étudier, chaque semaine, le poids des individus (mâles et femelles) de chaque pile au cours de l'émergence, c'est-à-dire au 1er, 8ème et 15ème jours de celle-ci (fig. 123).



**Figure 123:** Poids des mâles (à gauche) et des femelles (à droite) d'*E. kuehniella*, pris dans cinq populations (A, B, C, D et E) au début de chacune des 3 semaines d'émergence.

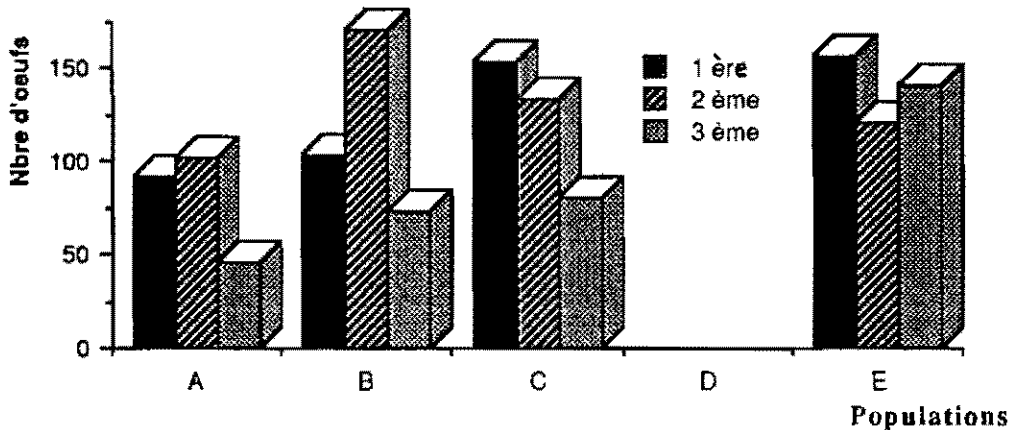
Le poids des individus diminue au fur et à mesure de l'étalement des émergences chez les mâles et les femelles. Cette diminution est moins nette pour la population E. Les individus qui ont eu le développement plus court ont conservé un poids plus élevé. Par ailleurs, les femelles d'*E. kuehniella* présentent un poids supérieur à celui des mâles (fig. 124). Au dernier contrôle du poids (au 15ème jour d'émergence) les populations A et B montrent en revanche que la différence existant entre les poids des individus de chaque sexe n'est pas significative.

L'élevage en masse d'*E. kuehniella* montre que la sex-ratio est favorable aux mâles (fig. 124), contrairement aux résultats obtenus dans l'élevage isolé et en groupe des 200 chenilles, différence que l'on ne peut expliquer pour l'instant, que par la méthode d'échantillonnage.



**Figure 124:** Pourcentage de femelles d'*E. kuehniella* dans cinq populations (A, B, C, D et E) au début de chaque semaine d'émergence.

En ce qui concerne la fécondité, elle est loin de celle obtenue dans l'essai antérieur (élevage en groupe). Elle dépasse à peine 150 oeufs, au cours des trois contrôles à la 2ème semaine (population B) et à la première semaine (populations C et E), fig. 125. Ce fait est imputable soit à la perte de fécondité dans l'élevage de masse, soit au moment de la prise de l'échantillon, les femelles ayant pu pondre une importante quantité d'oeufs dans la boîte d'émergence ou ayant échappé à l'accouplement.

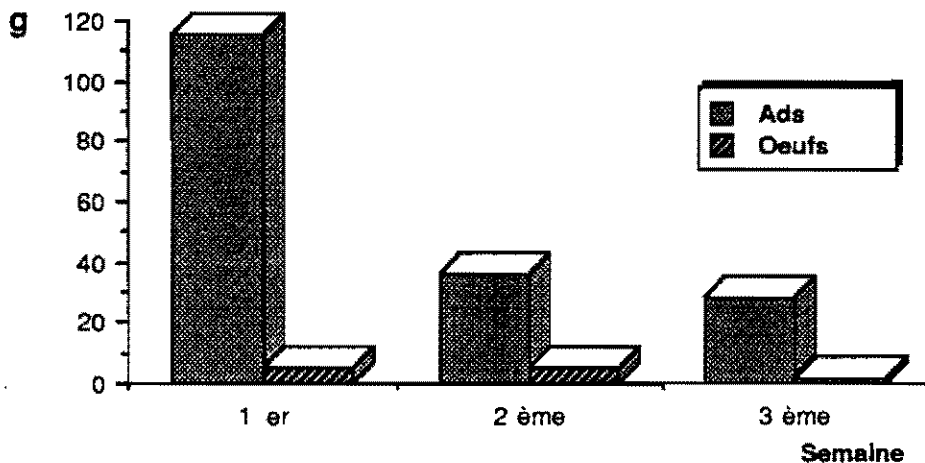


**Figure 125:** Variabilité des fécondités moyennes sur 3 semaines des différentes populations d'*E. kuehniella*.

D'une façon générale, les femelles qui apparaissent au cours de la première semaine ont une fécondité plus élevée, celles émergées les semaines suivantes, plus faible. Dans les populations A et B les femelles sont plus fécondes au cours de la deuxième semaine, mais c'est l'inverse qui se passe pour la population E (semaine avec la plus faible fécondité). Ceci met en évidence la nécessité d'avoir deux pièces d'élevage et de séparer les

cages d'émergence et les "pondoirs" où se déroule la ponte. On dispose ainsi de températures différentes pour les 2 types de développement, larvaire et post-larvaire.

L'analyse de la production (en g) de la population A en adultes et oeufs donne, pour la première semaine, 2/3 du poids total d'adultes produits et autour de 50% du total d'oeufs. Pour la 2ème et 3ème semaines il y a 18.7 et 12.6% d'adultes et 38.9 et 10.47% d'oeufs, respectivement (fig. 126).



**Figure 126:** Poids moyens journaliers des adultes et des oeufs d'*E. kuehniella*, obtenus durant 3 semaines (population A).

Le décalage dans la représentation graphique entre le poids des adultes et des oeufs est normal car durant la première semaine la majorité des adultes émerge et ils n'exprimeront leur ponte que 5 jours plus tard, c'est-à-dire, au cours de la deuxième semaine.

#### b) Méthodologie d'évaluation (EpE).

La grande diversité des résultats obtenus dans chaque population d'*E. kuehniella* met en évidence la nécessité d'avoir une méthodologie qui tienne compte des paramètres qualitatifs (pourcentages respectifs des mâles et des femelles, poids moyen respectifs du mâles, des femelles, et des oeufs), des paramètres quantitatifs (poids total des adultes et des oeufs), permettant ainsi d'évaluer la production en masse de cet hôte de substitution.

Dans un premier temps, il est déterminé le nombre d'adultes produits [mâles (Y) et femelles (X)], basé sur la connaissance du poids total des adultes des deux sexes (Ads), leur pourcentage par sexe [mâles (M) et femelles (F)], le poids moyen du mâle (P♂) et de la femelle (P♀):

$$Y = \frac{Ads}{P_{\sigma} + P_{\text{♀}} \frac{F}{M}}$$

$$X = \frac{Ads}{P_{\text{♀}} + P_{\sigma} \frac{M}{F}}$$

Connaissant le nombre des mâles (Y) et des femelles (X) d'une population, nous pouvons déterminer le poids total des mâles (Pto) et le poids total des femelles (Pto) par les formules suivantes:

$$P_{t\sigma} = Y \cdot P_{\sigma}$$

$$P_{t\text{♀}} = X \cdot P_{\text{♀}}$$

Il est possible également d'évaluer la quantité d'oeufs produits (K), car on connaît déjà le poids total d'oeufs de la population (Ptw) et le poids moyen de chaque oeuf d'*E. kuehniella* = 0.028 mg (Pw):

$$K = \frac{P_{tw}}{P_w}$$

Une fois déterminés le poids et le nombre d'oeufs produits (K), on peut évaluer la fécondité moyenne des femelles (Fec), à partir de l'expression:

$$Fec = \frac{K}{X}$$

On désigne par le symbole EpE la méthodologie d'évaluation de la production d'*Ephestia*.

La fécondité est un paramètre biologique fondamental pour n'importe quelle évaluation de la productivité de l'hôte et de son prix. Au niveau de l'EpE la population A (tab. 22), montre un nombre de mâles supérieur à celui des femelles mais de poids inférieur.

		1ère semaine	2ème semaine	3ème semaine
Poids (g)	P $\delta$	0.016	0.013	0.008
	P $\varphi$	0.023	0.019	0.008
	Ads	922.19	251.91	169.57
	Ptw	45.36	35.0	9.4
Taux sexuel	M	0.54	0.65	0.54
	F	0.46	0.35	0.46
Nbre Ads	Y	26.139	10.705	10.647
	X	21.910	5.789	9.069
Poids (g)	Pt $\delta$	418.22	140.31	91.50
	Pt $\varphi$	503.93	110.57	77.99
(Milliard)	K	1.620	1.250	0.335
Fécondité	Fec	73.93	215.92	37.01

**Tableau 22:** Évaluation de la production d'adultes et d'oeufs de la population A d'*E. kuehniella*, au cours des trois semaines d'émergence.

En ce qui concerne la quantité d'oeufs produits, les femelles ont une production d'oeufs considérable durant la deuxième semaine. On récolte durant cette période 1/4 des individus, par rapport à la première semaine. Ceci est dû au fait que les femelles en ponte, au cours de la deuxième semaine, peuvent provenir de la population qui a émergé la première semaine. Pour ces raisons, l'application de EpE n'est pas valable aux périodes courtes (comme une semaine), mais à l'ensemble de la production d'une population comme celle représentée par une pile après son rendement.

L'analyse de la productivité en adultes et en oeufs des populations A, B, C, D et E, par l'EpE, met en évidence une identité du poids des mâles et du poids des femelles pour les populations A et E, mais un poids supérieur des femelles est obtenu pour la population B, inférieur pour les populations C et D (tab. 23).

		A	B	C	D	E
Poids (g)	P $\delta$	0.013	0.011	0.012	0.012	0.016
	P $\varphi$	0.017	0.013	0.020	0.019	0.022
	Ads	1.344	1.151	1.966	1.149	1.313
	Ptw	89.8	95.2	155.8	86.0	161.6
Taux sexuel	M	0.58	0.59	0.56	0.56	0.58
	F	0.42	0.41	0.44	0.44	0.42
Nbre Ads	Y	53.890	58.546	72.182	43.082	40.532
	X	39.345	40.183	56.028	33.440	29.836
Poids (g)	Pt $\delta$	662.8	620.6	873.4	516.9	656.7
	Pt $\varphi$	664.9	530.4	1092.5	632	656.4
(Milliard)	K	3.205	3.400	5.564	3.071	5.771
Fécondité	Fec	81.5	84.6	99.3	91.8	193.4

**Tableau 23:** Évaluation de la production d'adultes et d'oeufs pour cinq populations (A, B, C, D et E) d'*E. kuehniella*.

Les quantités d'œufs obtenus pour les différentes populations sont supérieures à 3 millions d'œufs avec un rendement de 81 à 99 œufs par femelle, à l'exception de la population E dont le rendement a été de 193 œufs/femelle. Les fécondités obtenues par la méthode EpE, par rapport à la moyenne de celles des contrôles hebdomadaires (figure 127), sont inférieures dans les populations B et C, supérieures dans les populations A et E.

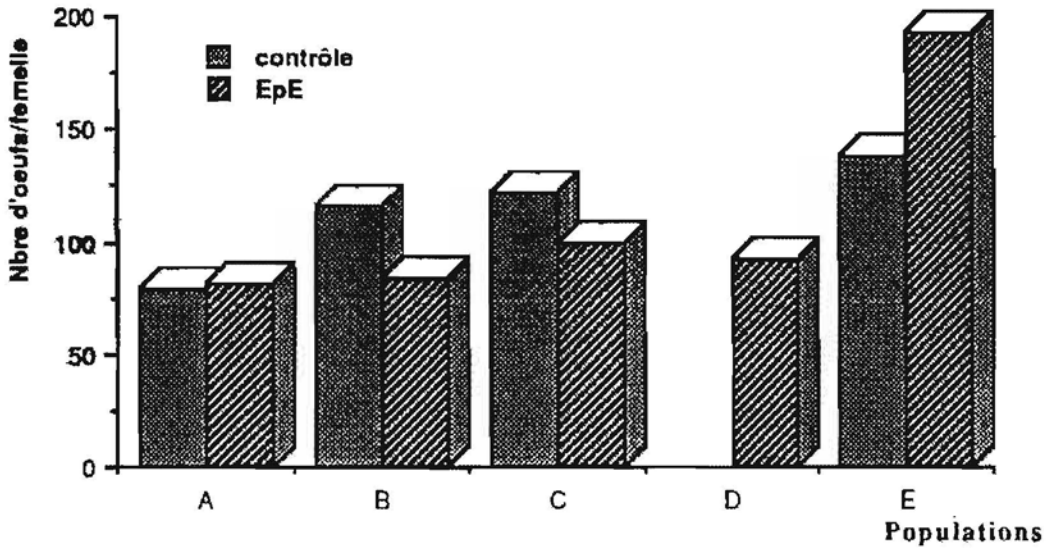
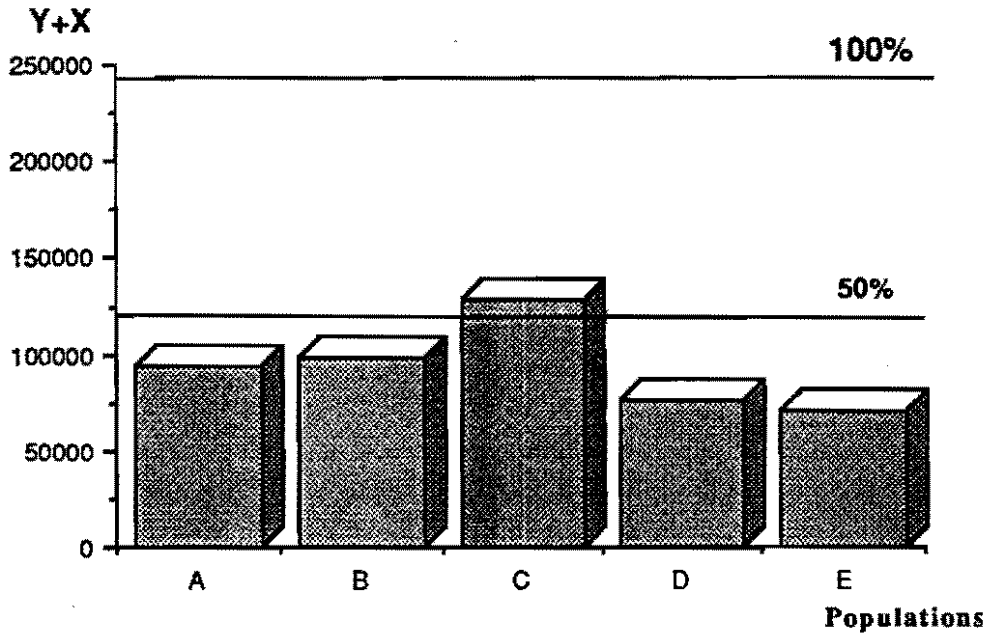


Figure 127: Comparaison de la fécondité de différentes populations d'*E. kuehniella* par la moyenne obtenue lors du contrôle hebdomadaire (contrôle) et par la méthode EpE.

De toute façon, les fécondités d'*E. kuehniella* obtenues au niveau d'une pile de plusieurs milliers d'individus sont éloignées de celles vérifiées dans les populations à individus isolés ou en petits groupes.

Dans la majorité des populations on constate effectivement que le nombre total d'adultes (Y+X) est inférieur à la moitié du nombre total d'œufs mis en élevage par pile (240 000); ce n'est que dans la population C qu'il est légèrement supérieur (fig. 128).

Les différences de productivité et la variabilité des populations d'*E. kuehniella* ont été mises en évidence par des contrôles hebdomadaires et confirmées par la méthode EpE. Ceci montre bien la nécessité d'approfondir par des études fondamentales l'élevage en masse de cet hôte de substitution, de clarifier aussi l'influence de certaines techniques utilisées lors de l'élevage et de la ponte des adultes, d'établir des tables de mortalité stade par stade dans le temps.



**Figure 128:** Comparaison entre le nombre d'œufs d'*E. kuehniella* mis en élevage et le nombre d'adultes émergés (Y+X).

## E - CONTRÔLE DE LA PONTE PAR LES OEUFS OVARIENS

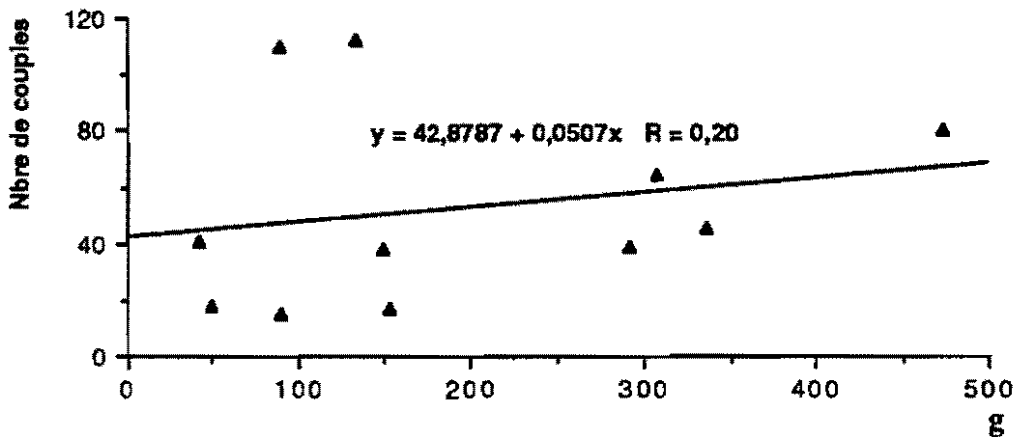
### 1- Matériel et méthodes

La conception du pondoir d'*E. kuehniella* (fig. 107) a soulevé, d'une part, le problème de l'évaluation de la charge optimale d'individus par cylindre (onze quantités ont été comparées: 42, 49, 89, 90, 134, 150, 154, 292, 307, 336 et 474 g) et, d'autre part, l'effet de cette méthode sur le déroulement de la ponte. Pour chaque cylindre expérimental de 30 cm de diamètre, 5 jours après la ponte, il a été examiné une des huit ovarioles de 30 femelles prises au hasard, soit sur la population des femelles en position normale, soit sur les femelles en position d'accouplement. Un témoin a été pris le premier jour d'émergence des femelles, pour étudier deux aspects de la bourse copulatrice: pleine ou vide (= pas d'accouplement). La taille de l'échantillon est déterminée par le poids ce qui entraîne comme corollaire un nombre variable d'individus: 1750 ( $\pm$  250 adultes).

## 2- Résultats

### a) Femelles en position d'accouplement

La représentation de la quantité de femelles arrivant au 5ème jour de ponte accouplées ou réaccouplées aux mâles est comprise pour l'ensemble des essais entre 2.5 à 6.5 % (fig. 129).



**Figure 129:** Droite de régression négative du nombre de couples d'*E. kuehniella* (en position d'accouplement) en fonction de la quantité d'adultes contenue dans chaque cylindre.

L'analyse des femelles in copula révèle que quelle que soit la quantité d'individus dans les cylindres, il y a une importante quantité d'oeufs dans les ovarioles: supérieure à 13 oeufs/ovariole pour les cylindres de 49, 90, 150, 153, 336g et supérieure à 8 oeufs pour les autres quantités, les doses de 89 et 474g exceptées (fig. 130).

Tenant en considération que la bourse copulatrice contient ou non des spermatophores (figs. 131 et 132), nous constatons qu'il n'y a pas de différences significatives entre les individus en position d'accouplement (fig. 130). Parmi les femelles avec la bourse copulatrice vide (42 et 336g) on met en évidence un certain pourcentage avec plus de 18 oeufs par ovariole.

En résumé, l'état de la bourse copulatrice, la répartition des couples in copula dans le temps et la quantité d'oeufs et d'ovocytes semblent montrer que, dans une vaste population imaginaire, la ponte et l'accouplement fluctuent en permanence quelle que soit la quantité d'individus.

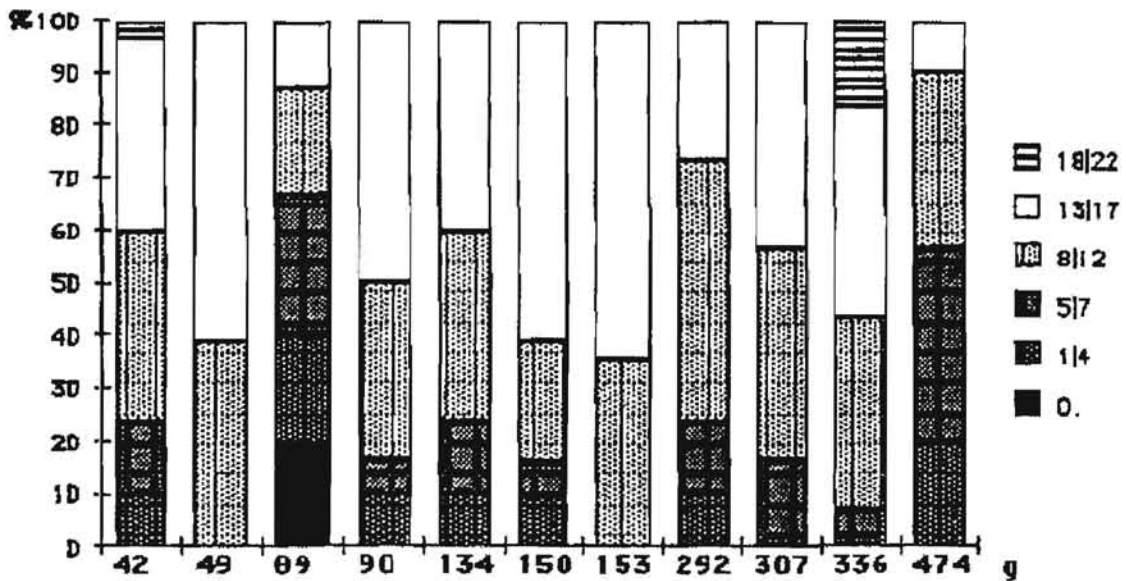


Figure 130: Évaluation, en pourcentages, de la quantité d'oeufs (groupés en six classes de fréquences) par ovariole d'*E. kuehniella* accouplées, en fonction de la quantité (g) d'adultes dans le cylindre.

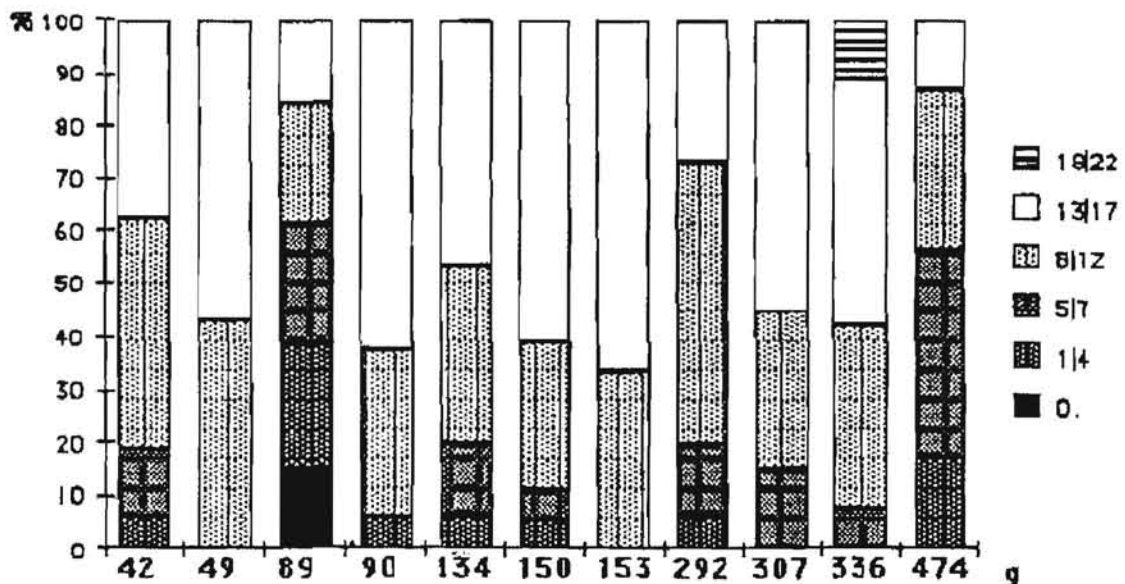


Figure 131: Évaluation, en pourcentages, de la quantité d'oeufs (groupés en six classes de fréquences) par ovariole d'*E. kuehniella* accouplées avec la bourse copulatrice pleine, en fonction de la quantité (g) d'adultes dans le cylindre.

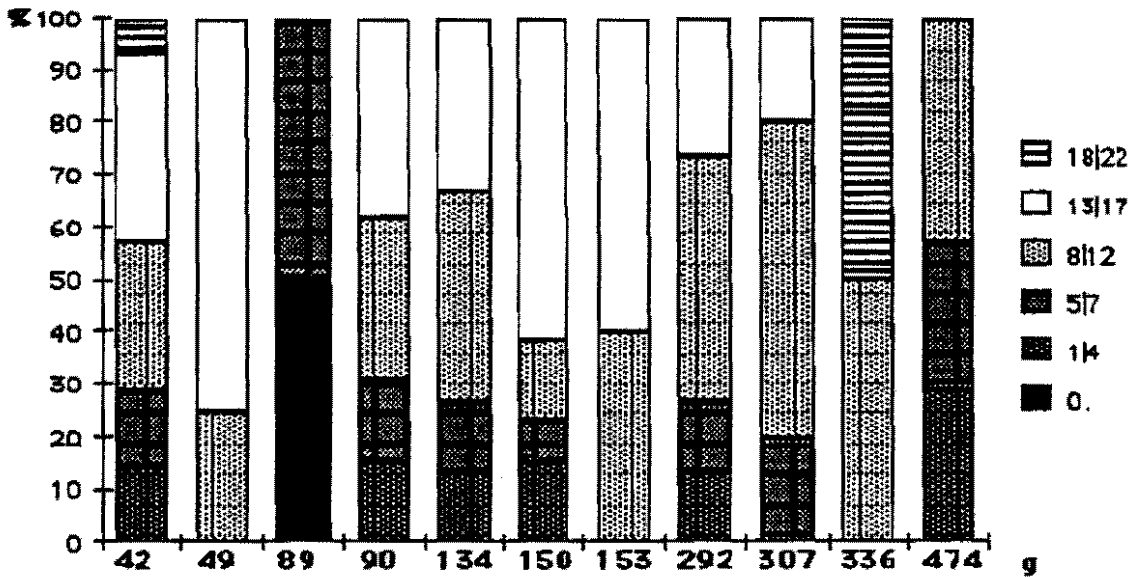


Figure 132: Évaluation, en pourcentages, de la quantité d'oeufs (groupés en six classes de fréquences) par ovariole d'*E. kuehniella* accouplées avec la bourse copulatrice vide, en fonction de la quantité (g) d'adultes dans le cylindre.

#### b) Femelles après la ponte

Après une période de ponte de 5 jours, l'analyse des ovarioles des femelles indique que le nombre d'oeufs par ovariole est inférieur à celui des femelles in copula. Chez les populations de 42, 49, 150 et 153 g/cylindre les quantités d'oeufs/ovariole ne dépassent pas 12 oeufs et, quand cela a lieu, leur représentativité est faible (fig. 133). L'échantillonnage des femelles dans la majorité des populations révèle qu'il y a plus de 5 à 7 oeufs par ovariole - à l'exception des populations 89, 336 et 474g - et que la majorité des individus analysés ont plus de 8 oeufs/ovariole.

En ce qui concerne la présence (fig. 134) ou l'absence (fig. 135) de spermatozoïdes dans la bourse copulatrice, nous retrouvons les mêmes résultats obtenus chez les femelles in copula, c'est à dire, qu'il n'y a pas de différences significatives entre les deux cas considérés. En effet, la présence du spermatozoïde dans la bursa ne présume en rien de son contenu: les spermatozoïdes sont épuisés ou inefficaces. Cependant, c'est dans la population de 150 g/cylindre, avec la bourse copulatrice vide, qu'on trouve le minimum d'oeufs par ovariole ( $\leq 4$ ), fig. 135.

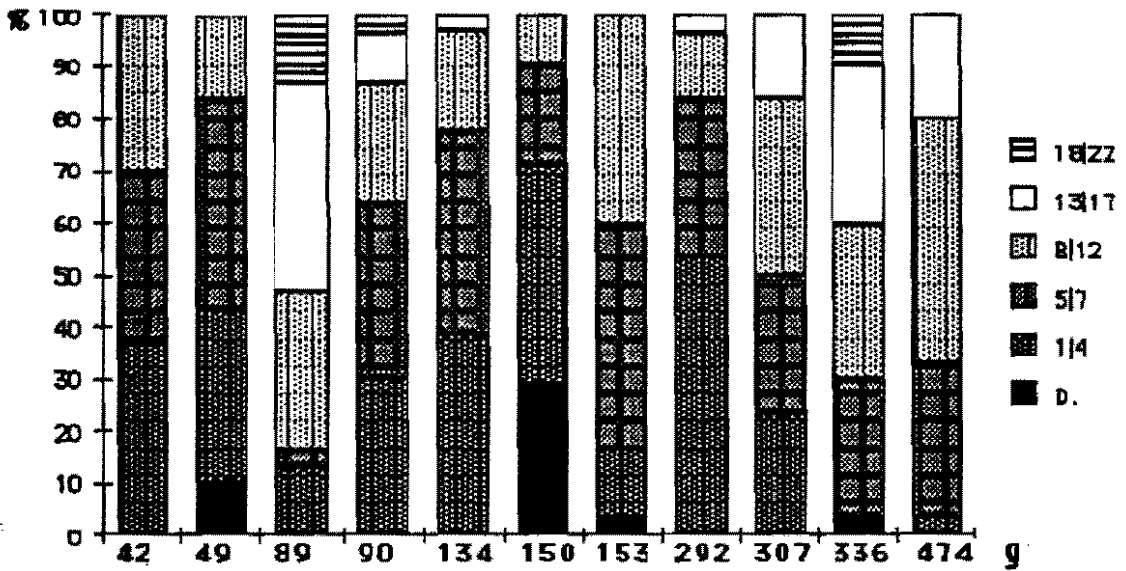


Figure 133: Évaluation, en pourcentages, de la quantité d'œufs (groupés en six classes de fréquences) par ovariole des femelles d'*E. kuehniella* mortes normalement au 5ème jour de ponte, en fonction de la quantité (g) d'adultes dans le cylindre.

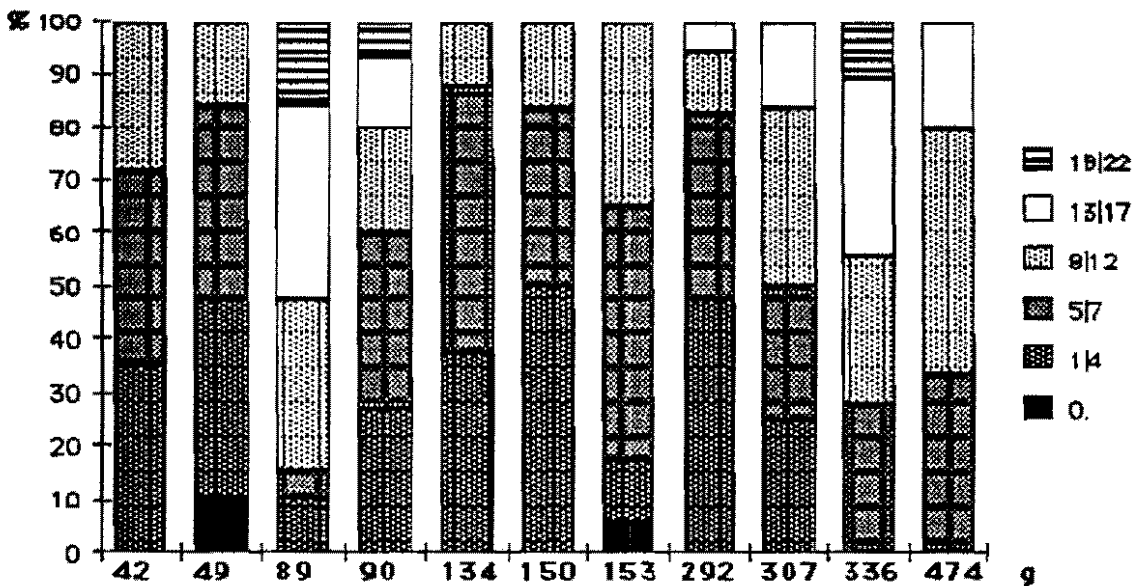


Figure 134: Évaluation, en pourcentages, de la quantité d'œufs (groupés en six classes de fréquences) par ovariole des femelles d'*E. kuehniella* mortes normalement au 5ème jour de ponte, avec la bourse copulatrice pleine, en fonction de la quantité en (g) d'adultes dans le cylindre.

La comparaison de ces résultats et ceux du témoin, pris au premier jour d'émergence, montre des différences hautement significatives, car c'est à ce moment que les femelles ont la plus importante quantité d'œufs dans leurs ovarioles. Pour les témoins

(trois pour chaque cas), ce paramètre varie faiblement. Par contre, les femelles qui ont la bourse copulatrice vide ont plus de 13 oeufs par ovariole (fig. 136).

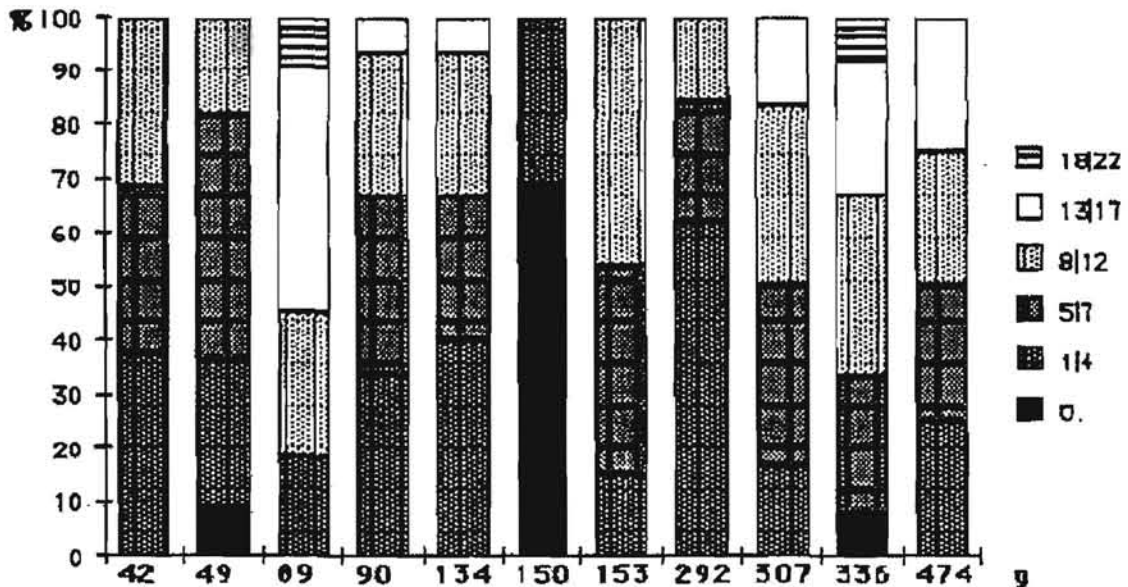


Figure 135: Évaluation, en pourcentages, de la quantité d'oeufs (groupés en six classes de fréquences) par ovariole des femelles d'*E. kuehniella* mortes normalement au 5ème jour de ponte, avec la bourse copulatrice vide, en fonction de la quantité (g) d'adultes dans le cylindre.

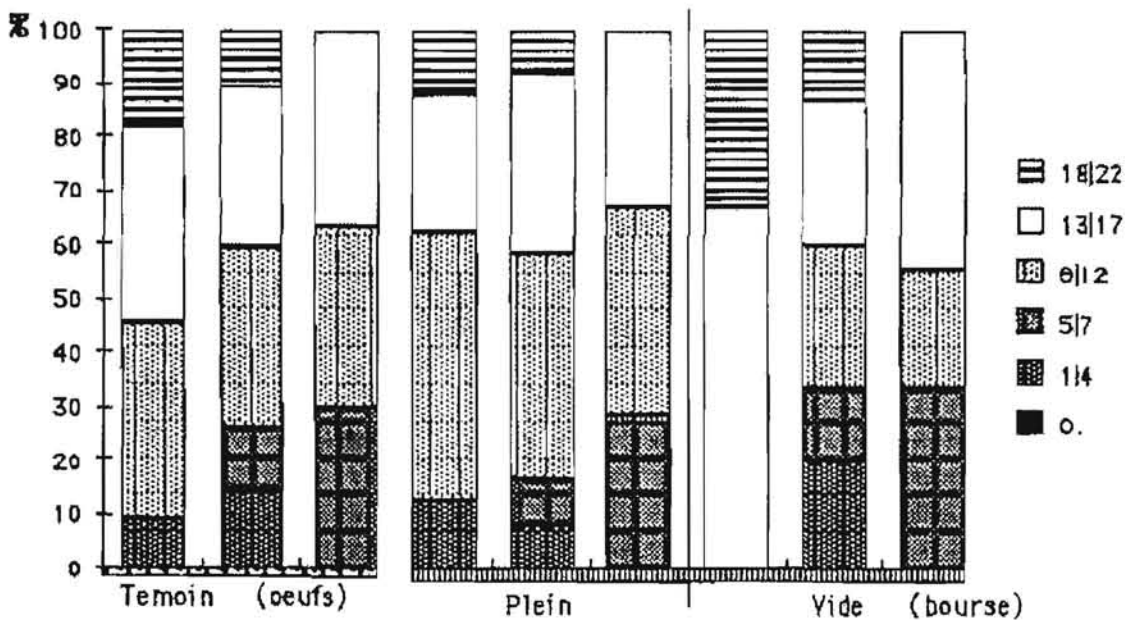


Figure 136: Pourcentages d'oeufs (groupés en six classes de fréquences) par ovariole d'*E. kuehniella* témoins (avant entrée dans le cylindre de ponte) en fonction de l'aspect de la bourse copulatrice, vide ou pleine.

## F- OEUFS PONDUS, PERDUS DANS LES PONDOIRS

### 1- Retirés lors du lavage du cylindre

Les oeufs d'*E. kuehniella* retenus dans le cylindre, et qui sont récupérés au moment du lavage du cylindre le 5ème jour de ponte, ne dépassent généralement pas 4000/cylindre (fig. 137). Cette valeur est dépassée dans deux cas (49 et 336g). Ces résultats sont confirmés par le coefficient très faible de la droite de régression  $R=0,03$ . Il semble qu'un cylindre retient d'autant plus d'oeufs que les quantités d'imagos y sont trop faibles ou trop élevées pour le volume du cylindre considéré (sans tenir compte de sa fréquence, de sa vitesse de rotation et du contact avec des brosses de récupération).

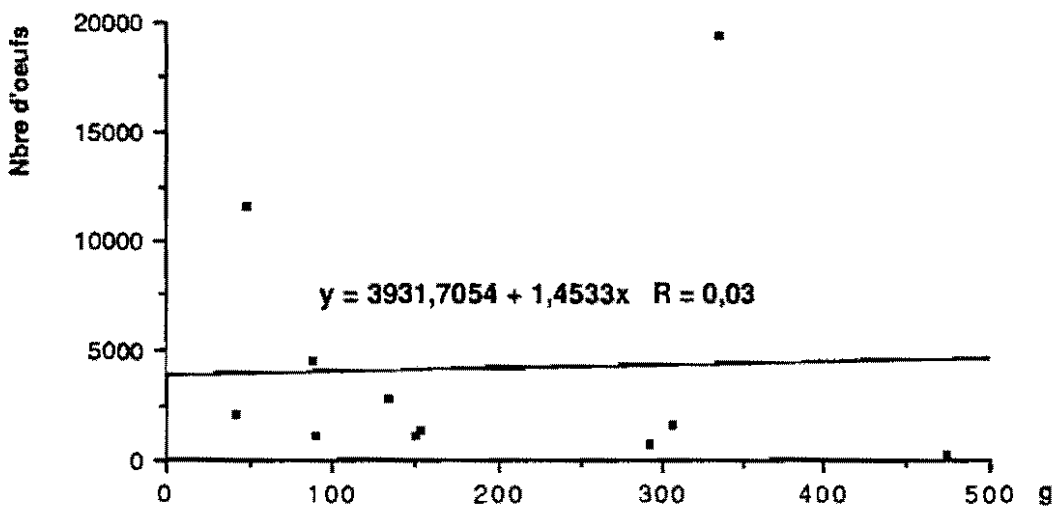


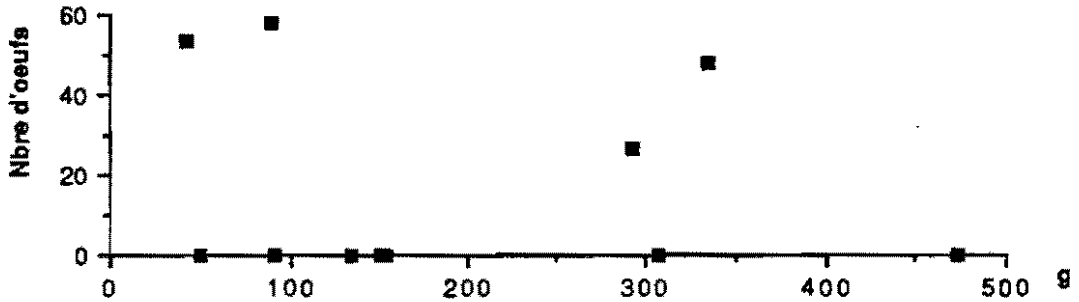
Figure 137: Nombre d'oeufs d'*E. kuehniella* retenus dans le cylindre en fonction de la quantité d'adultes (g).

### 2- Oeufs mélangés avec les adultes

Dans la majorité des essais, le nombre d'oeufs restant sur les adultes est presque nul (fig. 138).

Ces résultats montrent, d'une part, que le total d'oeufs retenus dans le cylindre est très faible (avec un nombre d'oeufs qui est constant,  $\pm 4000$ ) et qu'il ne dépend pas de la quantité d'adultes mis dans le cylindre; d'autre part, que le nombre d'oeufs qui reste au

niveau des adultes est inférieur à 1 ‰. Ainsi, la technologie utilisée pour la ponte d'*E. kuehniella* permet la récupération de la quasi totalité des oeufs pondus par l'insecte, sans qu'ils soient endommagés par la rotation du cylindre.

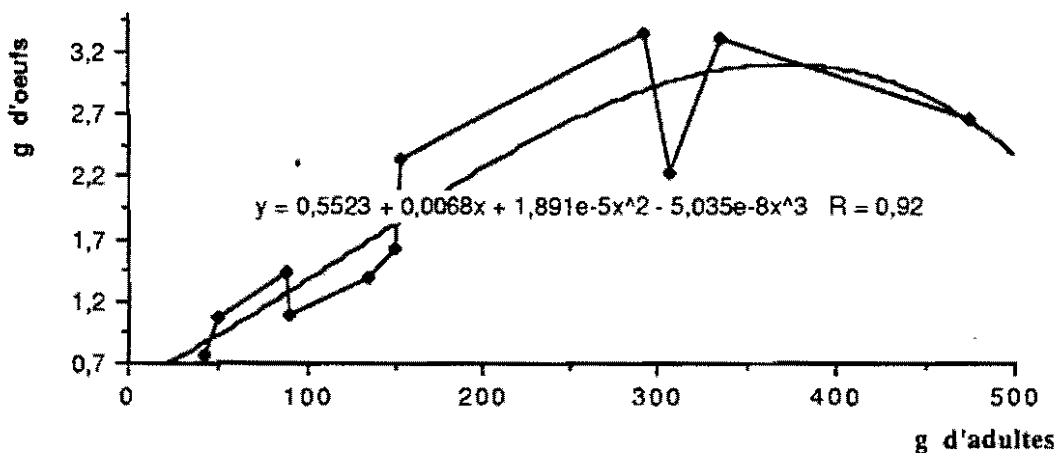


**Figure 138:** Nombre d'oeufs d'*E. kuehniella* en mélange avec les adultes dans le cylindre en fonction de la quantité d'adultes (g) par cylindre.

Les oeufs-hôtes ainsi récoltés présentent les conditions de propreté requises pour d'autres élevages, notamment celui des Trichogammes, car les écailles perdues par les adultes sont retirées par l'aspiration automatique (fig. 107).

### 3- Capacité de charge d'adultes du cylindre

L'analyse de la production d'oeufs d'*E. kuehniella*, à partir de la quantité de papillons mis dans le cylindre, montre que le meilleur rapport adultes/oeufs est obtenu autour de 350 g d'adultes. Au-delà de cette quantité, la capacité de charge du cylindre en papillons est dépassée et par conséquent il y a une perte de production (fig. 139).



**Figure 139:** Courbe polynomiale de la quantité d'oeufs pondus par *E. kuehniella* en fonction de la quantité d'adultes mis dans le cylindre.

La quantité optimale d'adultes par cylindre peut encore être augmentée par l'introduction dans le cylindre d'une structure-support des papillons, mais leur utilisation pose d'autres problèmes techniques, comme celui du nettoyage automatique du support.

## G - RHYTME ANNUEL D'E. *KUEHNIELLA*

### 1- Matériel et méthodes

Pour mieux comprendre la variabilité de la production d'*E. kuehniella* tout au long d'une année, nous avons suivi deux populations: la première dans les conditions contrôlées de laboratoire que nous avons déjà décrites, la deuxième dans des conditions semi-naturelles, dans le climat de Ponta Delgada (figs. 10, 12, 13 et 15).

On voit (tab. 24) les décalages de développement sur 4 générations selon l'un ou l'autre des milieux.

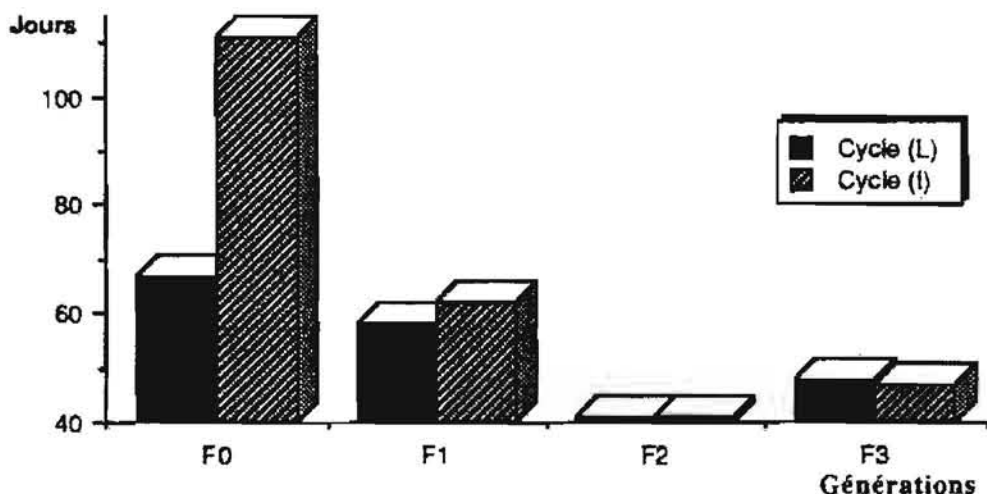
Génération		F0	F1	F2	F3
début	Labo.	8/1	6/5	12/7	12/9
	Insec.	8/1	6/5	12/7	31/8
1er émerg.	Labo.	16/3	3/7	23/8	29/10
	Insec.	29/4	7/7	23/8	17/10

Tableau 24: Déroulement de l'élevage de deux populations d'*E. kuehniella* pendant 4 générations (F0, F1, F2 et F3) au laboratoire (Labo.) et dans les conditions semi-naturelles à Ponta Delgada (Insec.).

### 2- Résultats

#### a) Durée du cycle

Des différences hautement significatives sont mises en évidence au niveau du cycle pré-imaginal mais uniquement entre les générations F0, F1 et F2=F3. Les générations d'été F2 et F3 se déroulent en effet dans des conditions de milieu qui, dans les deux situations, sont très semblables. La génération F0 de la nature met 111 jours pour arriver à l'obtention du premier adulte, soit près du double du délai observé au laboratoire (67 jours), fig. 140.



**Figure 140:** Durée du développement pré-imaginal de deux populations d'*E. kuehniella* : la première, dans les conditions de laboratoire (L), la deuxième dans les conditions semi-naturelles (I).

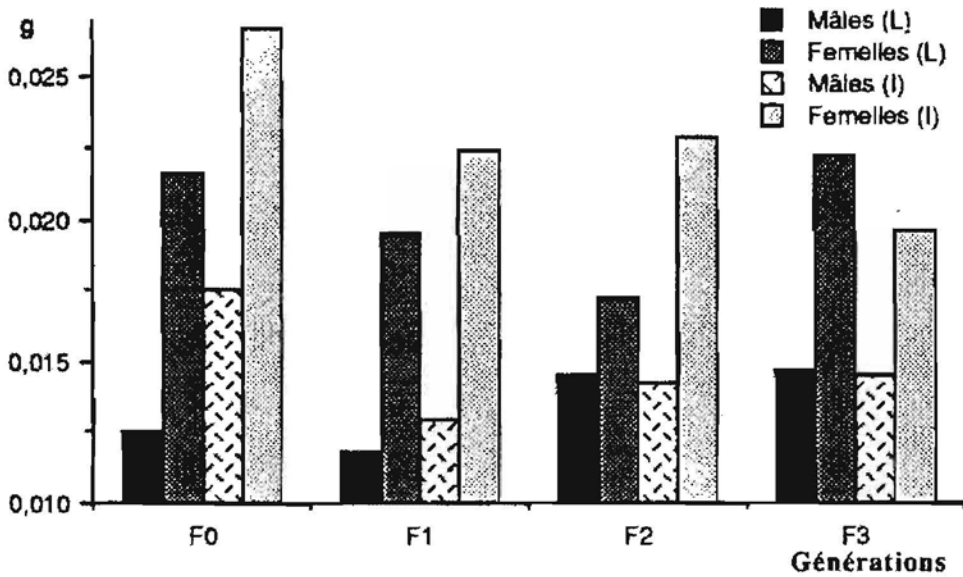
Les durées du cycle pré-imaginal au laboratoire (58, 41 et 48 jours) et dans les conditions naturelles (62, 41 et 47 jours) respectivement en F1, F2 et F3, sont semblables, la génération du début d'été étant la plus rapide. La photopériode joue un rôle fondamental dans la nature car à ce moment les jours sont les plus longs (15 heures de lumière) et la température est la plus élevée.

Ces données mettent en évidence les différences qui existent entre les conditions de la nature et dans les conditions contrôlées. Il y aura lieu d'en tenir compte pour la constitution des élevages de masse de cet hôte. DAUMAL (1987) avait déjà remarqué que dans les conditions automnales et hivernales naturelles d'Antibes, en 1985, les femelles d'*E. kuehniella* (en présence de structures et d'aliment suffisants (0.176 g/L)) avaient une durée de développement et une fécondité très différentes de celles des femelles issues d'élevage au laboratoire.

#### b) Poids des imagos

Dans le cas de la génération F0 on trouve des différences marquées entre les poids relevés chez les individus placés dans l'une ou l'autre situation. Les poids les plus élevés correspondent aux individus de la nature. Ces différences sont nettes chez les femelles des générations du printemps et du début d'été. Pour la génération automnale il

n'y a de différences qu'entre les poids des femelles, celui de la nature est inférieur à celui du laboratoire (fig. 141).



**Figure 141:** Poids des imagos mâles et femelles dans deux populations d'*E. kuehniella*: dans les conditions de laboratoire (L), dans les conditions de la nature (I).

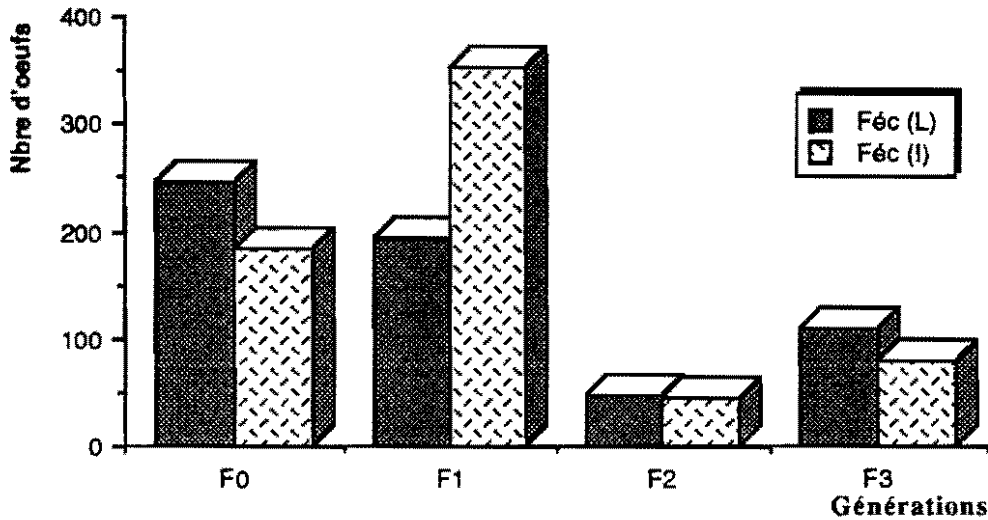
Les résultats obtenus indiquent qu'il existe un rapport entre la durée du développement et le poids des imagos. À la durée de développement la plus courte (génération F2) correspond le poids moyen des femelles de laboratoire le plus faible (0.0172 g/femelle). L'inverse est également vrai, car à la génération la plus longue (F0) il y correspond des individus plus lourds, c'est à dire, de 0.0175 et 0.0267 g pour les mâles et femelles, respectivement.

On remarque en outre, une relation entre la taille de la femelle et le nombre d'oeufs présents dans les deux ovaires. Ce sont les imagos de grande envergure qui pondent le plus (ULLYETT & MERWE, 1947). Pour SIDDIQUI & BARLOW (1972) ce sont les températures au cours du développement larvaire qui influent sur la fécondité. DAUMAL *et al.* (1981) a également montré que le développement larvaire à basse température a une influence sur la fécondité.

### c) Fécondité

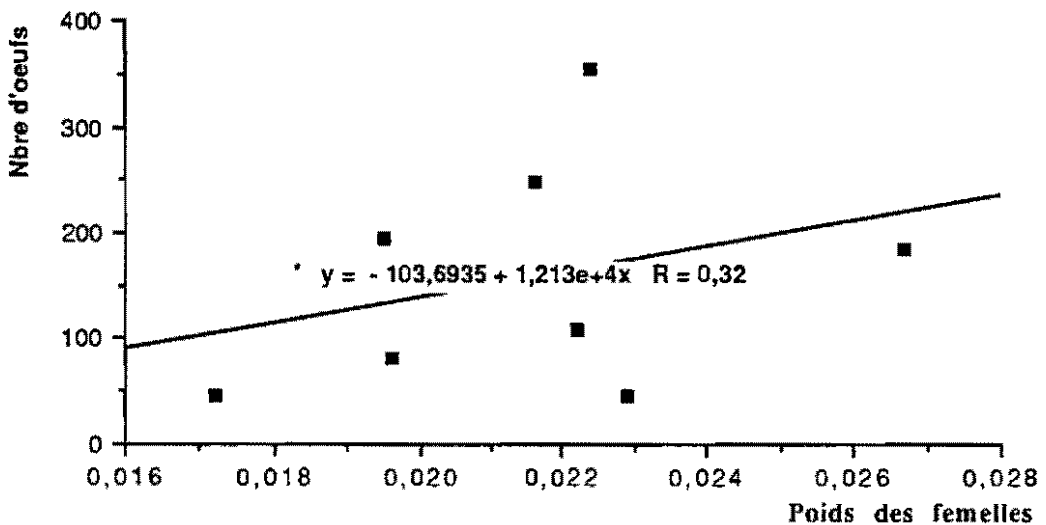
La variabilité de la fécondité d'*E. kuehniella* a été signalée par différents auteurs, notamment: PAYNE (1934), OZER (1953), DAUMAL (1987) et TAVARES *et*

al. (1988). HASSANEIN & KAMEL (1965) ont remarqué que les imagos émergés en été sont moins féconds que ceux qui sortent après l'hiver. Nous retrouvons la même tendance dans nos deux populations, les fécondités des populations d'été (45 oeufs) et d'automne (85 oeufs) sont en effet les plus faibles par rapport à la génération F1 (fig. 142).

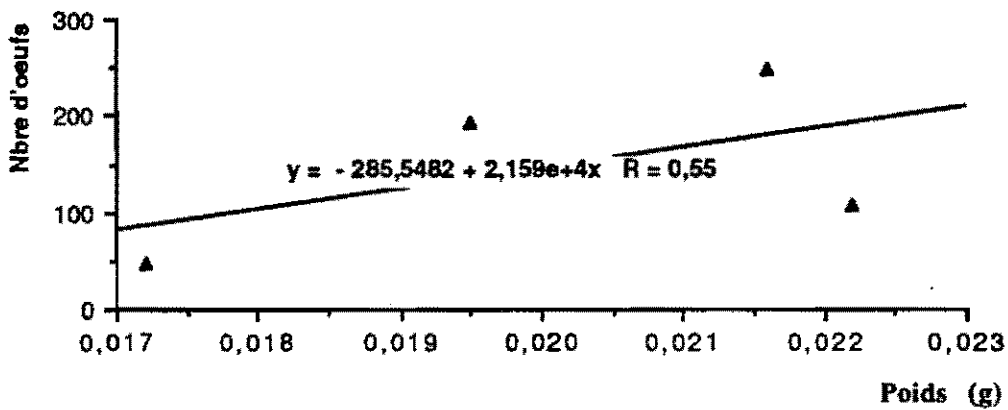


**Figure 142:** Fécondités de deux populations d'*E. kuehniella* au cours de 4 générations, dans les conditions de la nature (I) et du laboratoire (L).

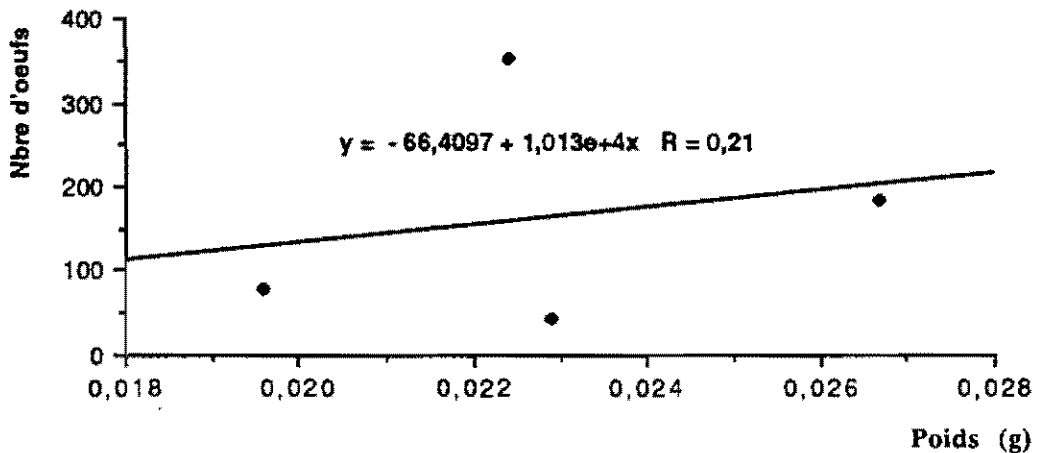
Il n'y a pas de rapport entre le poids des femelles et leur fécondité ce que montre l'analyse de la droite de régression (fig. 143) que cela soit au niveau de la population élevée au laboratoire (fig. 144) ou de celle élevée en conditions semi-naturelles (fig. 145).



**Figure 143:** Droite de régression du nombre moyen d'oeufs pondus en fonction du poids des femelles (g) de différentes populations d'*E. kuehniella* élevées au laboratoire et dans la nature.



**Figure 144:** Droite de régression du nombre moyen d'oeufs pondus en fonction du poids des femelles de différentes générations d'*E. kuehniella* au laboratoire.



**Figure 145:** Droite de régression du nombre moyen d'oeufs pondus en fonction du poids des femelles de différentes générations d'*E. kuehniella* en conditions de la nature.

DAUMAL (1987) montre, par ailleurs, que la fécondité est en relation avec le poids de la larve pris juste avant la nymphose et le nombre d'ovocytes dénombrés dans une ovariole.

On voit finalement qu'*E. kuehniella* montre, d'une part, une grande plasticité biologique qui suit l'hétérogénéité de son développement (le poids et la fécondité des imagos étant les caractéristiques les plus importantes). D'autre part, un rythme annuel qui lui permet de s'adapter et de survivre dans les différentes conditions physiques du milieu. Reste à déterminer si des conditions abiotiques constantes et répétées altéreraient ou non cette plasticité.

## H- CONCLUSION

On rencontre aux Açores un problème très particulier: un ravageur, *M. unipuncta* y est installé et il faut en contrôler les soudaines pullulations. Les espèces du genre *Trichogramma*, qui font partie de la chaîne trophique, peuvent participer activement au phénomène naturel de limitation. Nous avons donc tenté de faire appel à ces derniers pour la régulation des populations de *M. unipuncta*.

La stratégie d'utilisation de ces parasitoïdes reposant sur des lâchers inondatifs, nous avons été amenés à nous pencher sur les problèmes de leur production en masse à partir des oeufs d'hôte de substitution: *E. kuehniella*. Nous avons établi une unité de production automatisée de cet hôte, avec récolte des papillons et des oeufs, élimination des écailles et récolte continue des adultes d'*E. kuehniella*, pendant toute la durée de leur émergence avec un minimum de manipulations. Les pondoirs à cylindres rotatifs, que nous avons mis au point, permettent d'obtenir la quasi totalité des oeufs pondus sans les endommager avec une perte inférieure à 1 ‰. Le coût de l'hôte intervenant pour plus de 2/3 dans le prix de revient de la production des Trichogrammes, nous avons tenté d'améliorer la productivité de cet élevage.

La connaissance des variations de la température et de l'humidité, au niveau d'une pile de larves, nous a permis de prendre toutes les mesures pour éviter l'échauffement, la déshumidification et la surhumidification exagérées du milieu alimentaire dans laquelle se développe la population parvenue au dernier stade larvaire. Nous évitons ainsi l'augmentation d'une mortalité, liée à l'apparition de maladies (virus, bactéries, protozoaires et champignons).

De manière à évaluer la quantité et la qualité des hôtes d'*E. kuehniella*, destinés à la production en masse de parasitoïdes oophages (ou de prédateurs), nous avons mis au point une méthode d'évaluation de la production d'*Ephestia* (EpE) basé sur le contrôle journalier du poids des adultes et des oeufs, ainsi que de la sex-ratio.

L'existence d'un rythme biologique annuel chez *E. kuehniella*, espèce élevée intensivement dans des laboratoires depuis deux décades, nous apprend que celui-ci affecte la production, parce que pendant l'été (époque où sont généralement effectués les lâchers

d'auxiliaires), justement au moment où l'hôte de substitution est dans sa période de plus faible reproduction. Pour compenser ces pertes il est nécessaire de recourir à des méthodes de conservation par le froid appliqué à l'hôte et aux auxiliaires. Les Trichogrammes par exemple sont des espèces qui peuvent être stockés à basse température au stade diapausant durant plusieurs mois.

## V- CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Cette étude nous apporte des données nouvelles sur les caractéristiques particulières de la bioécologie de *M. unipuncta* dans l'archipel des Açores, écosystème insulaire à climat doux et à faibles amplitudes thermiques, où les pâturages artificiels sont en extension permanente au détriment des cultures annuelles vers les zones de basse altitude. Un ensemble favorable de facteurs abiotiques et biotiques ont donc permis l'installation d'un peuplement permanent du ravageur qui se développe tout au long de l'année.

Dans l'environnement des Açores, le ravageur présente 5 générations dont trois se déroulent pendant l'été et l'automne dont l'abondance et la succession dépassent souvent le seuil économique d'attaque. Elles sont l'objet de nombreux traitements chimiques répétitifs qui ne sont pas satisfaisants du fait de leur coût, de leur inefficacité au niveau de la limitation acceptable des dégâts et de l'apparition chez le ravageur de phénomènes de résistance. L'éleveur ne s'aperçoit de la présence du ravageur qu'au dernier stade larvaire de celui-ci et lorsque les dégâts seront inévitables.

Cette étude a porté sur la bioécologie de *M. unipuncta* et a permis de fournir les données de base pour l'installation d'un système d'avertissement, capable de gérer en informatique le déroulement du cycle biologique du ravageur. La période où est atteint et dépassé le seuil économique d'attaque est prévisible, le système tenant compte des données climatiques, du cycle de *M. unipuncta* sous abris, des captures d'adultes aux pièges lumineux et d'une méthode d'échantillonnage des stades larvaires.

Il y aura lieu cependant, pour une meilleure compréhension de l'hétérogénéité des peuplements de *M. unipuncta*, de procéder à une étude sur les déplacements des

adultes du ravageur à l'intérieur et entre les îles de l'archipel grâce aux supports techniques de l'électrophorèse ou de la chromatographie seules pour l'instant qui permettent de comparer entre elles les populations des différentes îles et celles des continents les plus proches: l'Europe et l'Amérique.

En ce qui concerne le contrôle du ravageur il apparaît que des mesures culturales, favorisant le piétinement du ravageur par le bétail, doivent être pratiquées le plus souvent possible durant l'été et l'automne car elles limitent considérablement les populations de *M. unipuncta*. L'utilisation d'auxiliaires capables de contrôler cette Noctuelle doit se poursuivre. Dans le cas des Trichogrammes il y a lieu de rechercher dans d'autres biotopes insulaires l'espèce la mieux adaptée à *M. unipuncta* et d'effectuer un nouveau tri dans les espèces découvertes récemment. L'ensemble de ces études doit obligatoirement intégrer celles des hôtes (plante/ravageur) dans leurs conditions naturelles. Il est également souhaitable de faire appel aux micro-organismes entomopathogènes, dont leur action est encore mal connue dans l'archipel et, aux parasites larvaires comme *A. militaris*, bien que son action n'intervienne qu'à la fin du développement larvaire, il diminue significativement les peuplements de *M. unipuncta* au cours des générations successives.

La mise en place de la lutte contre *M. unipuncta* à l'aide des Trichogrammes à entraîné l'installation d'une unité de production pour multiplier ces oophages à partir d'un hôte de substitution *E. kuehniella*. Cette unité a profité de l'expérience acquise ces dernières années dans différents élevages des hôtes de ce type. Notre apport, dans ce domaine, porte essentiellement sur l'automatisation de la récolte des adultes et des oeufs - technique qui fait l'objet d'un brevet (TAVARES, 1983). Dans le cadre de cet élevage il a pu être montré que différents facteurs abiotiques et biotiques conditionnent le développement d'*E. kuehniella*. Des méthodes simples permettent de mieux maîtriser la production des adultes et des oeufs, de rechercher en même temps les conditions qui permettent d'augmenter la "rentabilité" quantitative et qualitative des oophages aux moindres coûts. Si l'élevage de l'hôte de substitution est une composante principale du prix des parasitoïdes de nombreux paramètres agronomiques restent encore à approfondir et à exploiter.

## VI - RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABBAS H. & ANWAR S., 1963.- Breeding of *Corcyra cephalonica* STN. for the mass production of *Trichogramma minutum* RILEY. Agric. Pakistan, 14 (2), 209-214.
- ALAM M., 1961.- On the biology of rice ear-cutting caterpillar, *Pseudaletia unipuncta* (Haworth). J. Ins. Path., 4, (1), 129-131.
- ALLEGRET P., 1963.- Stabilisation prolongée de l'état larvaire chez la Fausse Teigne des Ruches, *Galleria mellonella* L. (Lépidoptère, *Pyralidae*) sous l'action des facteurs alimentaires; établissement expérimental d'un état d'entretien. C. R. Acad. Sci. Paris, 257, 1873-1876.
- ALTIERI M., ANNAMALAI S., KATIYAR K. & FLATH R., 1982.- Effects of plant extracts on the rates of parasitization of *Anagasta kuehniella* (Lep., *Pyralidae*) eggs by *Trichogramma pretiosum* (Hym., *Trichogrammatidae*) under greenhouse conditions. Entomophaga, 27 (4), 431-438.
- ANDERSEN T. & FJELDSA A., 1983.- Record of the emigrant *Mythimna unipuncta* (Lep., *Noctuidae*) in Western Norway. Notulae Ent., 63 (4), 192-194.
- ANGLADE P., 1968.- Essai de prévision de pullulations larvaires de *Mythimna unipuncta* par l'étude des captures d'adultes au piège lumineux. Med. Rijk. Land. Gent., 33, (3), 785-787.
- ANGLADE P., 1969.- Premières observations de déplacements orientés de Noctuelles et de Sphingidés dans une haute vallée pyrénéenne par recapture d'insectes marqués. Bull. Soc. ent. Fr., 74, (3-4), 59-63.
- ANUNCIADA L. & VOEGELE J., 1982.- L'importance de la nourriture dans le potentiel biotique de *Trichogramma maidis* PINTUREAU et VOEGELE et *T. nagarkattii* VOEGELE et PINTUREAU (Hym., *Trichogrammatidae*) et l'oosorption dans les femelles en contention ovarienne. 1er Symposium Int. sur les Trichogrammes. Les Colloques de l'INRA, 9, 79-84.
- ✓ ANUNCIADA L., 1984.- A escolha de um oófago *Trichogramma* para o controlo biológico de *Mythimna unipuncta*. Tese de doutoramento em biologia, Univ. dos Açores, 1-208.
- ARAMBOURG Y., 1967.- *Chelonus eleaphilus* SILV. (Hym., *Braconidae*), parasite de *Prays oleae* (Lep., *Hyponomeutidae*), élevage, caractéristiques morphologiques et biologiques. Ann. Soc. Ent. Fr. (NS), 4 (2), 383-411.
- ASHLEY T. & GONZALEZ D., 1974.- Effect of various food substances on longevity and fecundity of *Trichogramma*. Env. Ent., 3, 169-171.
- ATANAS S. & ABDULLA K., 1968.- Krimbi i gjetheve te miscrit (*Cirphis unipuncta*) dëmtonjës i ri ne vendin tonë. Bue. ishken. Jujg., 7, 101-109.
- AVASTHY P. & CHAUDARY J., 1965.- Biology and control of armyworm *Pseudaletia unipuncta* Haw. Ind. Sugcane J., 9, (4), 249-251.

- AYRE G., 1985.- Cold tolerance of *Pseudaletia unipuncta* and *Peridroma saucia* (Lepidoptera: Noctuidae). Can. Ent., 117, 1055-1050.
- BALACHOWSKY A. & MESNIL L., 1936.- Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Ets. Busson, Paris, 1 et 2, 1-1921.
- BALACHOWSKY A., 1972.- Entomologie appliquée à l'agriculture. Masson et Cie. 1, (2), 1-1057.
- BARBULESCU A., 1974.- Studies on the biology and attacks of the noctuids *Cirphis unipuncta* HAW. under the conditions of Rosht, Iran. Ann. Inst. Cercet. Prot. Plant., 10, 325-331.
- BECK S., 1968.- Insect photoperiodism. Academic Press, London, 1-288.
- BENOIT M., 1977.- Étude de l'incidence du vieillissement maternel sur la descendance fille de deux Lépidoptères: *Epichorista ionophela* MEYR. (Tortricidae) et *Ephestia kuehniella* ZELLER (Pyralidae) et leur parasite oophage: *Trichogramma evanescens* WESTW. (Trichogrammatidae). Thèse de 3ème cycle, Univ. Tours, 1-110.
- BIBOLINI C., 1970.- Compasa e danni della *Mythimna unipuncta* HAW. (Lep. Noctuidae) in Versilia e referimenti alla sue importanza fitopatologica mondiale. Frustula Ent., 10, (4) 1-38.
- BIGLER F., BALDINGER J. & LUISONI L., 1982.- L'impact de la méthode d'élevage et de l'hôte sur la qualité intrinsèque de *Trichogramma evanescens* Westw. INRA Publ. (Les colloques de l'INRA), 9, 168-180.
- BIGLER F., 1986.- Mass production of *Trichogramma maidis* Pint. et Voeg. and its field application against *Ostrinia nubilalis* Hbn. in Switzerland. Sonderdruck aus Bd. 101 (1), 23-29.
- BIROVA H., 1966.- Studium der Parasitierung in eiern des tannentriebwicklers (*Choristoneura murinana* HBN.) und deren Reizbarkeit für Arten der Gattung *Trichogramma* WESTW. Biologia Bratislava, 21, 329-338.
- BODENHEIMER F., 1930.- Studien zur Epidemiologie, Ökologie, und Physiologie der afrikanischen Wanderheuschrecke (*Schistocerca gregaria*). Z. angew. Ent., 15, 1-125.
- BODENHEIMER F., 1938.- Problems of animal ecology. Oxford Univ. Press., 1-192.
- BORGES H., 1982.- Relatório de actividade do aluno estagiário do Curso de Produção Agrícola. Inst. Univ. de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1-199.
- BOURSIN C., 1964.- Les Noctuidae Trifinae de France et de Belgique (contribution à l'étude des Noctuidae Trifinae). Bull. Mens. Soc. Lnn. Lyon, 6, 204-240.
- BOWDEN J., 1973.- The significance of moonlight in photoperiodic responses of insects. Bull. ent. Res., 62, 605-612.
- BOWDEN J. & MORRIS M., 1975.- The influence of moonlight on catches of insects in light-traps in Africa. Part III. The effective radius of a mercury-vapour light-traps and the analysis of catches using effective radius. Bull. ent. Res., 65, 303-348.

- BROWER J., 1983.-** Utilization of stored-product Lepidoptera eggs as host by *Trichogramma pretiosum* RILEY (Hym., Trichogrammatidae). J. Kansas Ent. Soc., 56 (1), 50-54.
- BRANCO J., 1980.-** Espias luminosas usadas na captura de Noctuídeos. I Cong. Port. Fitiatria e Fitofarmacologia, Lisboa, 1-15.
- BREELAND S., 1958.-** Biological studies on the Armyworm, *Pseudaletia unipuncta* (HAWORTH), in Tennessee (Lepidoptera: Noctuidae). J. Tennessee Acad. Sci., 33, (4), 263-347.
- BRENIERE J., 1962.-** Les Trichogrammes parasites de *Proceras sacchariphagus*, borer de la canne à sucre à Madagascar. Bull. Inst. Rech. Agron. Madagascar, 7 (3), 1-42.
- BRENIERE J., 1965.-** Les Trichogrammes parasites de *Proceras sacchariphagus* Boj. borer de la canne à sucre à Madagascar. II Étude biologique de *Trichogramma australicum* GIR. Entomophaga, 10, 99-117.
- BRINDLEY T., 1930.-** The growth and development of *Ephestia kuehniella* ZELLER (Lepidoptera) and *Tribolium confusum* DUVAL (Coleoptera) under controlled conditions of temperature and relative humidity. Ann. Ent. Soc. Am., 23, 741-747.
- BUES R. & POITOUT S., 1980.-** Le piégeage sexuel comme méthode d'avertissement dans différentes régions de France pour trois espèces de lépidoptères Noctuidae (*Mamestra brassicae* L., *Scotia segetum* Schiff., *Helicoverpa armigera* Hbn.). Les Colloques de L'INRA, Les phéromones sexuelles, 3, 117-122.
- BUES R., POITOUT S., ANGLADE P. & ROBIN J., 1986.-** Cycle évolutif et hibernation de *Mythimna* (Syn. *Pseudaletia*) *unipuncta* Haw. (Lep. Noctuidae) dans le sud de la France. Acta Oecologica, 7, (2), 151-166.
- BUES R., POITOUT S., ROBIN J. & ANGLADE P., 1987.-** Étude en conditions contrôlées du développement des différents stades de *Mythimna unipuncta* Haw. (Lep., Noctuidae). Recherche du seuil de développement. Acta Oecol. Appl., 8, (1), 79-89.
- BURGESS R. & SHARPE D., 1981.-** Forest Island Dynamics in Man-Dominated Landscapes. Springer-Verlag, New York, 1-310.
- BURSELL E., 1964.-** Environmental aspects: Temperature. 283-321. In: The physiology of insects. Rochkstein Acad. Pres. (London).
- BUTLER G. & LOPEZ J., 1980.-** *Trichogramma pretiosum*: Development in two hosts in relation to constant and fluctuating temperatures. Ann. Entom. Soc. Am., 73, 671-673.
- CALLE J., 1982.-** Noctuidos Españoles. Min. Agr., Pes. y Ali. Madrid, 1-430.
- CALKINS C. & SUTTER G., 1976.-** *Apanteles militaris* and its host *Pseudaletia unipuncta*: Biology and rearing. Env. Ent., 5, 147-150.
- CALVIN D., KNAPP M., WELCH S., POSTON F. & ELZINGA R., 1984.-** Impact of environmental factors on *Trichogramma pretiosum* reared on Southwestern corn borer eggs. Env. Ent., 13 (3), 774-780.

- CARNEIRO M., 1982.- Pragas das culturas na Ilha de S. Miguel. Bolm Soc. port. Ent, 7, 7-33.
- CARVALHO J., 1982.- Àcerca da inventariação dos Lepidópteros dos Açores. Bolm Soc. port. Ent., 7, 169-198.
- CAYROL, 1972.- Famille des Noctuidae. in: Entomologie appliquée à l'agriculture, Masson et Cie. 2, (2), 1255-1520.
- CAYROL R., POITOUT S. & ANGLADE P., 1974.- Étude comparée des caractères biologiques respectifs de quelques espèces de Noctuidae plurivoltines migrantes et sédentaires. I.- Exposé des hypothèses de travail. Ann. Zool. Ecol. anim. 6, (1), 1-10.
- CHANG P. & TANADA Y., 1978.- Serological study on the transmission of a Granulosis virus of the Armyworm, *Pseudaletia unipuncta* (Lepidoptera: Noctuidae) to other Lepidopterous Species. J. Invert. Path., 31, 106-117.
- CHITTY D., 1960.- Populations processes in the vole and their relevance to general theory. Can. J. Zool., 38, 99-113.
- CHU C., 1938.- Life history and control of a few important rice insects in Kwangtung Province. Probl. of insects, 1, (10), 2-6.
- COLLN K., 1973.- Über die Metamorphose der Proteinspektren von Hamolymph und Fettkörper bei *Ephestia kuehniella* Z. Wilhelm Roux'Arch. Entwickg. Mech. Org., 172, 231-257.
- CORBET S., 1971.- Mandibular gland secretion of larvae of the flour moth, *Anagasta kuehniella*, contains an epideitic pheromone and elicits oviposition movements in an Hymenopteran Parasite. Nature, 232, 481-484.
- CRAMER H., 1967.- La protection des plantes et les récoltes dans le monde. Farbenfabriken Bayer A.G. Édit., Leverkusen.
- CROIZIER G. & MEYNADIER G., 1973.- Les protéines des corps d'inclusion des Baculovirus. II-Étude comparée de six granules. Entomophaga, 18, (3), 259-269.
- CRUICKSHANK W., 1973.- The ultrastructure and functions of the ovariole sheath and tunica propria in the flour moth. J. Ins. Physiol., 19, 577-592.
- DAJOZ R., 1974.- Dynamique des populations. Masson et Cie., 1-301.
- DAUMAL J., JOURDHEUIL P. & TOMASSONE R., 1974.- Variabilité des effets létaux des basses températures en fonction du stade de développement embryonnaire auquel elles sont appliquées chez la pyrale de la farine (*Anagasta kuehniella* ZELL., Lepid., *Pyralidae*). Ann. Zool. Ecol. anim., 7 (1), 45-59.
- DAUMAL J., VOEGELE J. & BRUN P., 1975.- Les Trichogrammes. II. Unité de production massive et quotidienne d'une hôte de substitution *Ephestia kuehniella* ZELL. (*Lepidoptera*, *Pyralidae*). Ann. Zool. Écol. anim., 7 (1), 45-59.
- DAUMAL J., VOEGELE J. & PINTUREAU B., 1981.- Durée du développement d'*Ephestia kuehniella* ZELLER (*Lep. Pyralidae*) en fonction de la température à laquelle est soumise la chenille. IX Reunion Nac. Control Biologico, Oaxaca, 96-106.

- DAUMAL J., VOEGELE J., BENOIT M. & PIZZOL J., 1981.- Le relentissement du développement préimaginal d'*Ephestia kuehniella* ZELL. (Lepidoptera, *Pyralidae*). (sous presse)
- DAUMAL J., 1987.- Contribution à l'étude de la biologie d'*Ephestia kuehniella* ZELLER (Lep.: *Pyralidae-Phycitinae*). Application aux élevages intensifs. Dipl. d'études doctorales, Univ. Aix-Marseille, 1-93.
- DAVIS J. & SATTERTHWAIT A., 1916.- Life history studies of *Cirphis unipuncta*, the true armyworm. J. Agr. Res. 6, (21), 799-812.
- De BACH P., 1958.- The role of weather and entomophagous species in the natural control of insect populations. J. econ. Ent., 51, 474-484.
- De BACH P., 1965.- Some biological and ecological phenomena associated with colonizing entomophagous insects. J. appl. Ent., 287-306.
- DENLINGER D., 1972.- Induction and termination of pupal diapause in *Sarcophaga* (Diptera: *Sarcophagidae*). Biol. Bull. (Woods Hole, Mass.), 142, 11-24.
- DIEUZEIDE R., 1926.- Le papillon gris de la farine, *Ephestia kuehniella*. Rev. Zool. Agric. appl., 25, 17-25.
- DREPA, 1987.- Açores em números - 10 anos de autonomia. R. Aut. dos Açores, 20, 1-62.
- DUFAY C., 1964.- Étude des différentes radiations lumineuses sur le comportement de quelques noctuelles. Thèse Univ. Lyon.
- ENGEL'HARDT V., 1929.- The armyworm *Cirphis unipuncta* Haw., in the Russian Far East. Zashch. Rast., 6, 75-78.
- ENOCK F., 1895.- Remarks on *Trichogramma evanescens* Westwood received by the secretary of South London Entomology and Natural History Society. Entomologist, 28, 282.
- ESTIENNE P. & GODARD A., 1970.- Climatologie. Armand Colin, 1-365.
- FABRITIUS V., 1970.- Zur versuchstechnik mit *Trichogramma*: optimale volumen der versuchsgefasse und qualität der wirtseier. Anz. Schädl. u. Pflanzenschutz., 43, 186-188.
- FAGUNDES F., 1976.- "Pragas nos Açores". Inf. 98/76 P<sup>a</sup> 20 de 23/9/76 dirigida à Secretaria Regional da Agricultura e Pescas dos Açores.
- FARINE J., 1981.- La phéromone sexuelle de *Pseudaletia unipuncta* (Lepidoptera, *Noctuidae*): composition chimique, rôle des différents constituants dans le comportement sexuel; isolement interspécifique. Thèse de Doctorat de 3ème cycle, Univ. de Dijon, 1-116.
- FARINE J., 1982.- Les glandes exocrines mâle et femelle de *Pseudaletia unipuncta* HAW. (Lep., *Noctuidae*) et leur rôle dans le comportement précopulatoire de deux sexes. Agronomie, 2, (5), 459-468.
- FEENY P., 1976.- Plant apparency and chemical defense. Recent Adv. Phytochem., 10, 1-44.

- FERNANDES J., 1985.- Terceira (Açores). Estudo geográfico. Tese de doutoramento, Univ. dos Açores, 1-434.
- FERREIRA L., 1980.- *Mythimna unipuncta* HAW. (Lepidoptera, Noctuidae). Recherche d'un Trichogramme (Hymenoptera, Trichogrammatidae) adapté à cet hôte. Thèse de docteur de 3ème cycle, Univ. d'Aix-Marseille, 1-117.
- FERRON P., 1983.- Les bactéries, les virus, in faune et flore auxiliaires en agriculture. ACTA, Paris, 99.
- FIELDS P. & McNEIL J., 1984.- The overwintering potential of true armyworm *Pseudaletia unipuncta* (Lep., Noctuidae) population in Quebec. Can. Ent., 116, (12), 1647-1652.
- FLANDERS S., 1930.- Mass production of egg parasites of the genus *Trichogramma*. Hilgardia, 4, 465-501.
- FLANDERS S., 1931.- The temperature relationships of *Trichogramma minutum* as a basis for racial segregation. Hilgardia, 5, 395-406.
- FLINT C., 1854.- The armyworm. Mass. Agr. Rept, 2.
- FLINT W., 1920.- The armyworm. Nat. Hist. S. Ent. Ser. Circ. 7, 1-9.
- FROBES S., 1905.- The armyworm. Ann. Rep. S. Ent. of Illinois, 23, 17-51.
- FRANCLEMONT J., 1951.- The species of the *Leucania unipuncta* group, with a discussion of the generic names for the various segregates of *Leucania* in North America. Ent. Soc. Wash. Proc. 53, (2), 57-85.
- GALAS S., 1985.- Elements sur la biologie de *Orthosia incerta* HFN et *Osthosia gotuica* L. (Lep. Noctuidae). Rap. Stage à L'INRA d'Avignon, 1-94.
- GARCIA V., 1976.- Influence de trois produits phytosanitaires sur les performances biologiques d'une Coccinelle Aphidiphage (*Semiadalia undecimnotata* SCHNEIDER). Thèse de Docteur de spécialité, Univ. Provence, 1-114.
- GARCIA V. & TAVARES J., 1977.- Ecologia e métodos de combate à "lagarta das pastagens" *Mythimna (Cirphis) unipuncta* HAW. (Lepidoptera, Noctuidae). Relatório e Comunicações do Ins. Univ. dos Açores, 1-28.
- GARCIA V. & TAVARES J., 1980.- *Mythimna unipuncta* HAWORTH (Lepidoptera, Noctuidae) e o seu parasita larvar *Apanteles militaris* WALSH. (Hymenoptera, Braconidae) em S. Miguel (Açores). Arquipélago, Série Ciências da Natureza, 1, 135-141.
- GARCIA V. & TAVARES J., 1980.- Notas ecológicas sobre a "lagarta das pastagens" (*Mythimna unipuncta* HAWORTH) na Ilha do Pico (Açores). Arquipélago, Série Ciências da Natureza, 1, 127-133.
- GARRIDO A., LACASA A. & Del RIVERO J., 1979.- Los cebos luminosos al servicio de la investigación entomológica. Factores intrínsecos y extrínsecos al insecto que influyen cualitativa y cuantitativamente en las capturas y especies de Lepidopteros capturados en los arrozales en 1975. An. Inst. Nac. Inv. Agr., 10, (9), 105-126.
- GAUSE G., 1931.- The influence of ecological factors on the size of populations. Am. Nat., 65, 70-76.

- GAUSE G., 1935.- Vérifications expérimentales de la théorie mathématique de la lutte pour la vie. Actual. Sci. Ind., 277, 1-62.
- GEOGRÁFICA E., 1988.- Enciclopédia geográfica, Selecções do Readers Digest, Lisboa, 1-752.
- GHENNADIEV V. & KHLISTOVSKI E., 1980.- Conservation à basse température et pendant plusieurs années d'oeufs de ravageurs et reproduction de leurs parasites. Zhurnal obsh. Bio., 41 (2), 314-318.
- GIBSON A., 1915.- Cutworms and their control. Bull. Dep. Agric. Can. ent. Brch. 10, 1-30.
- GIEBULTOWICZ J., ZDAREK J. & CHROSCIKOWSKA U., 1980.- Cocoon spinning behaviour in *E. kuehniella*; correlation with endocrine events. J. Ins. Physiol., 26, 459-464.
- GILBERT L., 1979.- Development of theory in the analysis of insect-plant interactions. In: Analysis of Ecological Systems. (J. HORN *et al.*, eds.). Ohio State Univ. Press., Columbus, 117-154.
- GRASSE P., 1977.- L'accouplement et l'insémination. Traité de Zoologie / Anatomie, Systematique, Biologie. Masson & Cie, Paris, 8 (5a), 331-349.
- GODMAN F., 1870.- Natural History of the Azores, Western Islands. John van Voorst, Paternoster Row, London.
- GOMEZ F., GALINDO A. & GONZALEZ N., 1980.- Fluctuacion de las poblaciones de algunos insectos de importancia economica en la comarca Lagunera de los Estados de Coahuila y Durango. VII Reunion Nac. Control Biol., Veracruz, 10-38.
- GOODNOUGH J., HARTSTACK A. & KING E., 1983.- Developmental models for *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reared on four hosts. J. Econ. Entom., 76, 1095-1102.
- GOTTELAND B., 1986.- Perspectives de lutte raisonnée en maraîchage par l'étude de la dynamique des populations des principaux ravageurs animaux en Savoie. Mémoire de D.A.A., Paris, 1-33.
- GOTTLIEB F., 1972.- A cytoplasmic symbiot in *Ephestia* (= *Anagasta kuehniella*): location and morphology. J. Inv. Pathol., 20, 351-355.
- GOTTLIEB F., GOITEN R., ERHMAN L. & INOCENCIO B., 1977.- Inter order transfer of Mycoplasma-like microorganisms between *Drosophila paulistrum* and *Ephestia kuehniella*: tissues, dosages and effects. J. Inv. Pathol., 30, 140-150.
- GUEULIN M. & DURAND M., 1980.- Évolution des cellules nourricières au cours de l'ovogenèse chez *Ephestia kuehniella* Z. (Insecte, Lépidoptère). Ann. Sc. Nat. Zool. Paris, 2, 167-207.
- GUIMARÃES J. & BEIJA A., 1974.- Inquérito sobre as condições de armazenamento nas Ilhas Adjacentes. Lab. Def. Fit. Prod. Armazenados, Notas, 17 1-195.
- GUIMARÃES J., 1982.- A fauna acarológica e entomológica associada a produtos armazenados nos Açores. Bolm Soc. port. Ent., 7, 53-69.

- GUPPY F., 1961.**- Life history and behaviour of the armyworm *Pseudaletia unipuncta* (HAW.) (Lepidoptera: Noctuidae) in Eastern Ontario. Can. Ent., 93, 1141-1153.
- GUPPY F., 1967.**- Insect parasites of the armyworm, *Pseudaletia unipuncta* (Lepidoptera: Noctuidae), with notes on species observed in Ontario. Cand. Ent., 99, (1), 94-106.
- GUPPY F., 1969.**- Some effects of temperature on the immature stages of the armyworm, *Pseudaletia unipuncta* (Lep. Noctuidae), under controlled conditions. Can. Ent., 101, 1320-1327.
- GUPPY F. & MILLER C., 1970.**- Identification of cocoons and last-instar larval remains of some Hymenopterous parasitoids of the armyworm, *Pseudaletia unipuncta*, in eastern Ontario. Cand. Ent. 102, (10), 1320-1337.
- GURNEY W., 1918.**- The insect pests of maize. Agric. Gaz. N. S. W., 29, 641-650.
- HARDIN B., 1981.**- Tiny Wasps-Key insect in biological control. Agric. Research, April, 11.
- HARTSTACH A., HOLLINGSWORTH J. & LINDQUIST D., 1968.**- A technique for measuring trapping efficiency of electric insect traps. J. econ. Ent., 61, (2), 546-552.
- HASSAN S., 1981.**- Massenproduktion und anwendung von *Trichogramma*. I. Produktion des wirtes *Sitotroga cerealella*. Entomophaga, 20 (4), 339-348.
- HASSANEIN M. & KAMEL A., 1965.**- Biological studies on the mediterranean flour moth *Anagasta kuehniella* ZELLER (Lepidoptera: Phycitidae). Bull. Soc. ent. Egypte, 49, 327-357.
- HEATH J., 1979.**- The moths and butterflies of Great Britain and Ireland. Curwen Books, London, 1-288.
- HEMMERLÈ A., CHAFFURIN C. & ROCQUE B., 1981.**- Un ravageur des maïs et des prairies du Sud-Ouest, la Noctuelle des graminées. Phytoma, 329, 25-28.
- HILL A. & ROELOFS W., 1980.**- A female-produced sex pheromone component and attractant for males in the armyworm moth, *Pseudaletia unipuncta*. Env. Ent. 9, (4), 408-411.
- HINDS W. & OSTERBERGER B., 1932.**- Results of *Trichogramma* colonization on sugar-cane borer damage in Louisiana in 1931. J. Econ. Ent., 25, 57-64.
- HIRAI K. & SHOREY H., 1978.**- Competition among courting male moths: male-to-male inhibitory pheromone. Science, 202, 644-645.
- HOLLING C., 1959.**- The components of predation as revealed by a study of small mammal predation of the European Pine sawfly. Can. Ent. , 91, 293-320.
- HOLLOWAY S., 1913.**- Some methods of handling minute Hymenopteres parasites (*Trichogramma*). J. econ. ent., 6, 341-344.
- HOWARD W. & FISK W., 1911.**- The importation into the United States of the parasites of the gypsy moth and the brown-tail moth., Bull. Bur. Ent. U.S. Dept. Agric., 91.

- HUDSON H. & WOOD A., 1926.- Some preliminary observations on the life history of the armyworm, *Cirphis unipuncta* HAW. Rep. Soc. Ontario, 57th, 22-24.
- HUFFAKER C., 1958.- The concept of balance in nature. Proc. Xth int. Cong. Ent., 2, 625-636.
- HUFFAKER C., MESSENGER P. & De BACH P., 1964.- The natural enemy component in natural control and the theory of biological control, in: De BACH, Biological control of insects pests and weeds: 16-67. Chapman & Hall, London.
- IPERTI G., BRUN J. & DAUMAL., 1972.- Possibilité de multiplication des coccinelles coccidiphages et aphidiphages (Coleopt., *Coccinellidae*) à l'aide d'*Anagasta kuehniella* Z. (Lep., *Pyralidae*). Ann. Zool. Écol. anim. 4 (4), 555-567.
- IRSHENKO V., 1974.- *Cirphis unipuncta* in Sakhalin. Zashita Rastenii, 8, 1-51.
- JAVAHERY M., 1967.- The biology of some *Pentatomoidea* and their eggs parasites. Thèse Fac. Sci. Univ. London, 1-475.
- JOURDHEUIL P., 1978.- Les degrés de spécificité dans les relations hôte-parasite. Ann. Zool. Ecol. anim., 10, (3), 317-333.
- JOURDHEUIL P., 1986.- La lutte biologique a l'aide d'arthropodes entomophages. Bilan des activités des services Français de recherche et de développement. Cah. Liaison O.P.I.E., 20 (2), 3-48.
- KALLENBORN H. & MOSBACHER G., 1983.- The ecdysteroid titres during the last-larval instar of *Ephestia kuehniella* Z. (Lepidoptera, *Pyralidae*). J. Ins. Physiol., 29 (10), 749-753.
- KAYA H., 1980.- Granulosis virus in the intestinal lumen of *Neoplectana carpocapsae*: retention of infectivity after treatment with formal dehyde or high ph. J. Inv. Path. 35, 20-25.
- KING C., 1934.- Cold storage effect on *Trichogramma* and on the eggs of *Ephestia kuehniella*. Tea Quart, 7, 19-27.
- KOT J., 1964.- Experiments on the biology and ecology of species of the genus *Trichogramma* WESTW. and their use in plant protection. Ekol. Polska, 12, 243-303.
- KOT J., 1969.- Analysis of factors affecting the phytophage reduction by *Trichogramma* WESTW. species. Pol. ecol. Stud., 5 (2), 5-59.
- LABEYRIE V., 1977.- Importance écologique de la variabilité chez les insectes. Ann. Zool. Ecol. anim., 9 (3), 564-567.
- LACK D., 1954.- The natural regulation of animal numbers. Clarendon Press, Oxford, 1-343.
- LANDOIS G., 1886.- The breeding of *Ephestia kuehniella* Z. in large numbers for experimental Work. Ann. Appl. Biol., 20 (4), 771-774.
- LAWRENCE R., HOUSEWEART M., JENNINGS S. & HALTEMAN W., 1985.- Development rates of *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and implications for timing augmentative releases for

- suppression of egg populations of *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae). Can. Ent., 117, 557-563.
- LERAUT P**, 1980.- Liste systématique et synonymique des lépidoptères de France, Belgique et Corse. Suppl. Alexanor, 1-334.
- LIN C. & CHENG C.**, 1958.- Testing the number of generations of the armyworm (*Cirphis unipuncta* Haw.) occurring in various geographical regions in China by the method of "Thermal sums". Acta ent. sin., 8, 41-56.
- LHOSTE J.**, 1979.- Des insectes et des Hommes. Fayard, Paris, 1- 280.
- LOPEZ J. & MORRISON R.**, 1980.- Overwintering of *Trichogramma pretiosum* in Central Texas. Env. Ent., 9 (1), 75-78.
- LOTKA A.**, 1934.- Théorie analytique des associations biologiques. Herman éditeur., Paris, 187.
- LUDWIG D. & CABLE R.**, 1933.- The effect of alternating temperatures on the pupal development of *Drosophila melanogaster* MEIGEN. Physiol. Zool., 6 (4), 493-508.
- LUM P.**, 1983.- Oocyte degeneration in *Plodia interpunctella* HUBNER and *Cadra cautella* WALKER (Lepidoptera: Pyralidae). Influence of temperature and humidity. Env. Ent., 12 (5), 1539-1541.
- LUND H.**, 1934.- Some temperature and humidity relations of two races of *Trichogramma minutum* RILEY (Hym., Trichogrammatidae). Ann. Ent. Soc. Am., 27, 324-329.
- LYON J.**, 1968.- Contribution à l'étude de *Xanthandrus comtus* HARR. (Dipt., Syrphidae). Ann. Epiphyties, 19 (4), 683-693.
- MARANHÃO Z.**, 1976.- Entomologia geral. Livraria Nobel S.A. 1-514.
- MARCHAL P.**, 1936.- Recherche sur la biologie et le développement des hyménoptères parasites: Les Trichogrammes. Ann. Epiphyt. Phyto., 2, 447-550.
- MARCOWITCH S.**, 1957.- Forecasting armyworm outbreaks, a possibility. J. econ. Ent., 50, (1), 112-113.
- McCLANAHAN R. & ELLIOTT W.**, 1976.- Light trap collections of certain economically important *Lepidoptera* at Harrow, Ontario. Proc. Ent. Soc. Ont., 107, 57-63.
- McFADYEN A.**, 1963.- Animal ecology: Aims and methods. Pitman, London, 1-344.
- McDONOUGH L., KAMM J. & BIERL-LEONHARDT B.**, 1980.- Sex pheromone of the armyworm *Pseudaletia unipuncta* HAW. (Lep., Noctuidae). J. Chem. Zool., 6, (3), 565-572.
- McDUNNOUGH J.**, 1911.- On the nomenclature of the male genitalia in Lepidoptera. Canad. Ent., 43, 1- 181.
- McLAUGHLIN R.**, 1962.- The effect of temperature upon larval mortality of the armyworm *Pseudaletia unipuncta* Haw. J. Ins. Path., 4, 279-284.

- OZER M., 1953.- Contribution a l'étude biologique de la Teigne des farines. Comportement de ponte et comportement alimentaire des chenilles. Ann. Epiphy., 4, 479-509.
- PAINÉ R., 1966.- Food web complexity and species diversity. Ann. Nat., 100, 65-75.
- PAK G. & OATMAN E., 1982.- Comparative life table, behavior and competition studies of *Trichogramma brevicapillum* and *T. pretiosum*. Ent. exp. appl 32, 68-79.
- PARK T., 1933.- Studies in population physiology. II. Factors regulating initial growth of *Tribolium confusum* populations. J. exp. Zool., 65, 17-42.
- PAYNE N., 1934.- The differential effect of environmental factors upon *Microbacon hebetor* SAY (Hymenoptera: Braconidae) and its host, *Ephestia kuehniella* ZELLER (Lepidoptera: Pyralidae). II. Ecol. Monogr., 4, 1-46.
- PETERSON A., 1930.- A biological study of *Trichogramma minutum* RILEY as an egg parasite of the oriental fruit moth. Techn. Bull. U.S. Dept. Agric., 215, 1-22
- PIMENTEL D., 1961.- On a genetic feed back mechanism regulating populations of herbivores, parasites and predators. Am. Nat., 95, 65-79.
- PINTUREAU B., BABAULT M. & VOEGELE J., 1981.- Étude de quelques facteurs de variation de la fécondité chez *T. maidis* PINTUREAU et VOEGELE (Hym., Trichogrammatidae). Agronomie, 1 (4), 315-322.
- PLANTEVIN G., DE REGGI M. & NARDON C., 1985.- Changes in ecdysteroid and juvenile hormone titres in the hemolymph of *Galleria mellonella* larvae and pupae. General and comparative endocrinology, 56, 218-230.
- POITOUT S. & BUES R., 1970.- Élevage 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., CAYROL R., CAUSSE R. & ANGLADE P., 1974.- Déroulement du programme d'études sur les migrations de lépidoptères *Noctuidae* réalisé en montagne et principaux résultats acquis. Ann. Zool. Ecol. anim., 6, (4), 585-587.
- POITOUT S. & BUES R., 1976.- L'incidence des migrations d'adultes sur le degré et sur la variabilité structurale de l'hétérogénéité génétique dans les populations naturelles de lépidoptères *Noctuidae*. Ann. Zool. Ecol. anim., 8, (1) 69-81.
- POND D., 1960.- Life history studies of the armyworm *Pseudaletia unipuncta* (Lep., Noctuidae) in New Brunswick. Ann. Ent. Soc. Amer., 54, 1-168.
- PROVOST M., 1959.- The influence of moonlight on light-trap catches of mosquitoes. Ann. ent. Soc. Am., 52, 261-271.
- PU S. & LIU C., 1962.- Sugar cane borers control by *Trichogramma evanescens* WESTWOOD. Acta entom. Sin., 11, 409-414.
- PUTTARUDRIAH M. & USMAN S., 1957.- Flood causes Armyworm outbreak. Mysore agric. J., 32, (3-4), 124-131.

- McNEIL J. & TURGEON J., 1982.- Pheromone biology in the population dynamic of *Pseudaletia unipuncta* (Haw.) (Lepidoptera: Noctuidae), a sporadic pest. In: Les médiateurs chimiques agissant sur le comportement des insectes. Les Colloques de l'INRA, Paris 7, 217-224.
- McNEIL J., 1988.- The true armyworm, *Pseudaletia unipuncta*: a victim of the pied piper or a seasonal migrant?. Ins. Sci. Applic. (Sous press).
- MARTINEAU R., 1962.- Facteurs naturels de régulation des populations de tenthrède européenne de l'épinette *Diprion hercyniae* Htg., dans le sud du Québec. Can. Ent., 95, 317-326.
- MAYER K., 1955.- Das *Trichogramma* Problem. Nach. Bl. Dtsch. pfl. Schutz. Braunsch., 7, 131-133
- NAGARKATTI S. & NAGARAJA H., 1978.- Experimental comparison of laboratory reared vs. wild-type *Trichogramma confusum* (Hym., Trichogrammatidae). I. Fertility, fecundity and longevity. Entomophaga, 23 (2), 129-136.
- NAKAYAMA S., 1929.- The more important insect enemies of the rice crop in Chosen. Ann. agric. Exp. Stn Chosen, 4, 248-250.
- NARAYANAN E. & MOOKHERJEE P., 1955.- Effect of nutrition on the longevity and rate of reproduction in *Trichogramma evanescens minutum* RILEY (Cha., Hymenoptera). Ind. J. Ent., 17, 376-382.
- NICHOLSON A., 1933.- The balance of animal populations. J. anim. Ecol., 2, 132-178.
- NICHOLSON A. & BAILEY V., 1935.- The balance of animal populations. Proc. Zool. Soc. London, 551-598.
- NICHOLSON A., 1954.- An outline of the dynamics of animal populations. Austr. J. Zool., 2, 9-65.
- NICHOLSON A., 1958.- Dynamics of insect populations. Ann. Rev. Ent., 3, 107-136.
- NOWCK J., 1973.- Groth and metamorphosis in the testis of *Ephestia kuehniella*, in vitro. J. Ins. Physiol., 19, 941-949.
- ✓ OLIVEIRA L., 1987.- Análise da biologia e etologia de três espécies de Tricogramas (Hym., Trichogrammatidae) parasitas oófagos de certas pragas agrícolas. Rel. estágio., Univ. Açores.-Ciências Agrárias, 1-89.
- OLIVEIRA L., VOEGELE J. & PIZZOL J., 1987.- Action conjuguée de la temperature et de la photoperiode sur le conditionnement au froid de deux espèces de *Trichogramma*: *T. evanescens* Westw. et *T. nagarkattiae* Voegelé & Pintureau (Hym., Trichogrammatidae). Arquipélago, Univ. Açores, (sous press).
- ORPHANIDES G. & GONZALEZ D., 1971.- Fertility and tables studies with *Trichogramma pretiosum* and *T. retorridum* (Hym., Trichogrammatidae). Ann. Soc. Entom. Am., 64 (4), 824-834.

- QUEDNAU W., 1956.- Die biologischen kriterien zur untercheidung von *Trichogramma* Arten. Z. Pflkrankh. 63, (6), 333-344.
- RADISSON A. & MASSON J., 1974.- Tachinaires de Basse-Provence et leur hôtes. Bull. Soc. Ent. Fr., 79, 109-112.
- RANDRIAMIHOATRA A., 1982.- Contribution à l'étude d'*Ephestia kuehniella* ZELLER (Lepidoptera, Pyralidae) Hôte de substitution des Trichogrammes. Mémoire de D.E.A., Univ. Madagascar, 1-34.
- RAUN E., 1961.- A granulosis of the armyworm, *Pseudaletia unipuncta* (Haworth), in Iowa. J. Insect. Path., 3, (2), 224-225.
- RICHARDS O. & DAVIES R., 1977.- Imms' general textbook of entomology. Chapman and Hall, London, 2, 1-1354.
- RILEY C., 1879.- Parasites of the cotton worm. Can. Ent., 11 (9), 161-162.
- RITTER K., TANADA Y., HESS R. & OMI E., 1982.- Eclipse Period of Baculovirus Infection in Larvae of the armyworm *Pseudaletia unipuncta*. J. Invert. Path., 39, 203-209.
- ROBINSON H. & ROBINSON P., 1950.- Some notes on the observed behavior of lepidoptera in the vicinity of light-sources together with a description of a light-trap designed to take entomological samples. Entomologist Gaz., 9, 3-20.
- RODRIGUEZ-RUEDA D., 1979.- Sensibilité des Noctuelles: *Mamestra brassicae* L., *Mythimna unipuncta* HAW. et *Spodoptera littoralis* B., à divers champignons Hyphomycetes (*Beauveria*, *Metarhizium*, *Nomuraea*, *Paecilomyces*). Thèse de docteur-ingénieur, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, 1-50.
- ROELOFS W. & CARDÉ R., 1977.- Response of Lepidoptera to synthetic sex pheromone chemicals and their analogues. Ann. Rev. Ent., 22, 377-405.
- ROTH M., 1971.- Contribution à l'étude éthologique du peuplement d'insectes d'un milieu herbacé. Mémoires ORSTOM, 53, 1-118.
- SAVESCU A., 1965.- Constantele Dezvoltării Insectelor Polivoltine și importanța lor pentru Teoria și practica protecției Plantelor. An. Inst. Cercet. Prot. Plant., 3, 289-304.
- SAULITSH A., 1975.- Effects of photoperiod and density of the development of the Noctuides *Cirphis unipuncta* HAW. and *Laphygma exigua* H.B. (Lepidoptera, Noctuidae). Ent. Rev., 54, (2), 52-59.
- SAUNDERS D., 1971.- The temperature - compensated photoperiodic clock "programming" development and pupal diapause in the fleshfly, *Sarcophaga argyrostoma*. J. Insect Physiol., 17, 801-812.
- SCHANDERL H., 1987.- Détermination des conditions optimales d'élevage de la coccinelle *Harmonia axyridis* PALLAS (Col., Coccinellidae) et possibilité d'une production continue à l'aide d'une proie de substitution, les œufs d'*Ephestia kuehniella* ZELLER (Lep., Pyralidae). Thèse de Docteur en Sciences, Univ. Aix-Marseille, 1-139.
- SCHANDERL H., FERRAN A. & GARCIA V., 1988.- L'élevage de deux coccinelles *Harmonia axyridis* et *Semiadalia undecimnotata* à l'aide d'œufs

d'*Anagasta kuehniella* tués aux rayons ultraviolets. Entomol. exp. appl., 49, 235-244.

- SCHEPETIL'NIKOVA V., 1939.- On the role temperature and humidity in the biology of *Trichogramma evanescens* WESTW. Plant. Prot., 19, 56-66.
- SCHUTTE F. & FRANZ J., 1961.- Untersuchungen zur Apfelwicklerbekämpfung (*Carpocapsa pommonella* L.) mit Hilfe *Trichogramma embryophagum* HART. Entomophaga, 6 (4), 237-247.
- SIDDIQUI W. & BARLOW C., 1972.- Population growth of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: *Pyralidae*) at constant and alternating temperatures. Ann. Ent. Soc. Am., 66 (3), 579-585.
- SMITH S., 1969.- The effects of crowding on larvae of the mealmoth, *Ephesia kuehniella*. J. Exp. Zool., 170, 193-204.
- SMITH S. & HUBBES M., 1986.- Isoenzyme patterns and biology of *Trichogramma minutum* as influenced by rearing temperature and host. Entom. exp. appl., 42, 249-258.
- SIMMONDS F., 1956.- Super parasitism by *Spalangia drosophilae* ASH. Bull. Ent. Res., 47, 361-373.
- SNEDECOR G. & COCHRAN W., 1957.- Méthodes statistiques. ACTA, Paris, 1-649.
- SOLOMON M., 1949.- The natural control of animal populations. J. anim. Ecol., 18, 1-35.
- SOLOMON M., 1957.- Dynamics of insect populations. Ann. Rev. Ent., 2, 121-142.
- SOWER L., SHOREY H., & GASTON L., 1970.- Sex pheromone of noctuid moths. XXI. Light: dark cycle regulation and light inhibition of sex pheromone release by females of *Trichoplusi ni*. Ann. ent. Soc. Am., 63, 1090-1092.
- STINNER R., GUTIERREZ A. & BUTLER G., 1974.- An algorithm for temperature-dependent growth rate simulation. Can. Ent., 106 (5), 519-525.
- STINNER R., 1977.- Efficacy of inundative releases. Ann. Rev. Entom. 22, 515-531.
- STOCKEL J., 1973.- Influence des relations sexuelles et du milieu trophique de l'adulte sur la reproduction de *Sitotroga cerealella* OLIV. (Lépidoptère, *Gelechiidae*). Conséquences écologiques. Thèse Univ. François Rabelais, Tours, 1-171.
- SUKHAREVA I., 1978.- Biological features of moths of the Subfamily *Hadeninae* (Lepidoptera, *Noctuidae*). Ent. Rev., 57, 342-347.
- TANADA Y., 1959.- Descriptions and characteristics of a nuclear polyhedrosis virus and granulosis virus of the armyworm *Pseudaletia unipuncta* (Haw.) (Lep. *Noctuidae*). J. Insect. Path., 1, (3), 197-214.
- TANADA Y. & TANABE A., 1964.- Response of the adult of armyworm, *Pseudaletia unipuncta* (Haw.), to citoplasmic-polyhedrosis virus infection in the larval stage. J. Insect. Path., 6, 486-490.

- TAVARES J., 1981.- *Mythimna unipuncta* HAW. e seus prejuizos nas pastagens dos Açores. II Cong. Soc. port. Ent., Funchal, 1-11.
- TAVARES J., 1982.- Voracidade Larvar de *Mythimna (Cirphis) unipuncta* HAW. (*Lepidoptera, Noctuidae*). Bolm. Soc. port. Ent., 7, 249-256.
- TAVARES J., 1982.- Étude comparée de la valeur de deux hôtes de substitution *Sitotroga cerealella* OLIVIER et *Ephestia kuehniella* ZELLER pour la multiplication des Trichogrammes. Mémoire de D.E.A., Univ. d'Aix-Marseille, 1-30.
- TAVARES J., 1983.- Unidade de processamento automático para os adultos das traças da farinha usadas como hospedeiros intermediários nas biofábricas de insectos oófagos. Boll. Prop. Ind. Patente nº 76184, 2, 258.
- TAVARES J. & DAUMAL J., 1983.- Durée de développement et fécondité d'*Ephestia kuehniella* ZELLER (Lep., *Pyralidae*) après le ralentissement de quelques jours à l'état prénympgal et nympgal à basse température. Arquipélago, Univ. Açores, 4, 46-63.
- X TAVARES J., 1985.- Étude comparée de trois espèces de Trichogrammes: *T. maidis* PINTUREAU et VOEGELÉ, *T. buesi* VOEGELÉ et *T. embryophagum* HARTIG (Hym., *Trichogrammatidae*). Thèse Docteur-ingénieur, Univ. Aix-Marseille, 1-122.
- TAVARES J., ANUNCIADA L., OLIVEIRA L. & VIEIRA V., 1988.- Produção em massa da *Ephestia kuehniella* ZELLER (Lep., *Pyralidae*). III. Metodologia para a avaliação da Produção de adultos e ovos. Boll. SPEN, Lisboa (sous press).
- TAVARES J., OLIVEIRA L., RIBEIRO F. & VIEIRA V., 1988.- Produção em massa de *Ephestia kuehniella* ZELLER (Lep., *Pyralidae*). II. Alterações da temperatura e humidade relativa durante o seu ciclo. Arquipélago, série Ciências da Natureza (sous press)
- THOMPSON W., 1945.- A catalogue of the parasites and predators of insect pest. Section 1. Parasite host catalogue. Part 6. Parasites of the lepidoptera. Imp. Agric. Bur. Biological Control, Belleville. Ont., Canada.
- THOMPSON W., 1956.- The fundamental theory of natural and biological control. Ann. Rev. Ent., 1, 349-402.
- TOUZEAU J., 1979.- L'utilisation du piègeage sexuel pour les avertissements agricoles et la prévision des risques. Ann. Zool. Ecol. anim., 11, 547-563.
- TRAYNIER R., 1970.- Sexual behavior of the mediterranean flour moth, *Anagasta kuehniella*: some influences of age, photoperiod and light intensity. Can. Ent., 97, 1002-1007.
- TURGEON J., McNEIL J. & ROELOFS W., 1983.- Field testing of various parameters for the development of pheromone-based monitoring system for the armyworm, *Pseudaletia unipuncta* Haw. (*Lepidoptera, Noctuidae*). Env. Ent., 12, 891-894.
- ULLYETT G. & MERWE J., 1947.- Some factors influencing population growth of *Ephestia kuehniella* ZELL. (Lep., *Phycitid*). J. Ent. Soc. South Afr., 10, 46-63.

- UVAROV B., 1931.- Insects and climate. Trans. R. ent. Soc. London, 79, 1-247.
- VARLEY G. & ROY L., 1957.- The bearing of parasite behaviour on the dynamic of insect host and parasite population. J. anim. Ecol., 26 (187), 471-477.
- VIEIRA V., 1987.- Contribuição ao estudo da bioecologia de *Mythimna unipuncta* HAW. (Lep., Noctuidae). Relatório de estágio, Univ. dos Açores, 1-62.
- VIVAS A., 1974.- Contribution al estudio del ciclo biologico y comportamiento sexual en *Mythimna unipuncta* HAW. Thesis doctoral, Univ. Politecnica de Madrid, 1-407.
- VOEGELE J., 1970.- Les *Aelia* du Maroc et leurs parasites oophages. Thèse Doctorat ès Sciences, Fac. Sci., Orsay, 1-323.
- VOEGELE J., DAUMAL J., BRUN P. & ONILLON J., 1974.- Action du traitement au froid et aux ultraviolets de l'oeuf d'*Ephestia kuehniella* (Pyralidae) sur le taux de multiplication de *Trichogramma evanescens* et *T. brasiliensis* (Hym., Trichogrammatidae). Entomophaga, 19 (3), 341-346.
- VOEGELE J., BRUN P. & DAUMAL J., 1974.- Les Trichogrammes. Modalités de la prise de possession et de l'élimination de l'hôte chez le parasite embryonnaire *Trichogramma brasiliensis* (Hym., Trichogrammatidae). Ann. Soc. Ent. Fr., 10 (3) 757-761.
- VOEGELE J., STENGEL M., SCHUBERT G., DAUMAL J. & PIZZOL J., 1975.- Premiers résultats sur l'introduction en Alsace, sous forme de lâchers saisonniers, de l'écotype moldave de *Trichogramma evanescens* WESTW. contre la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* HUBN. Ann. Zool. Écol. anim., 7 (4), 535-551.
- VOEGELE J., 1975.- Les Trichogrammes. Sem. études Agri., Gembloux 8-12 Sept., 297-310.
- VOEGELE J., 1981.- Lutte biologique contre *Ostrinia nubilalis* à l'aide des trichogrammes. Bull. OEPP, 11, (2), 91-95.
- VOEGELE J., PIZZOL J., RAYNAUD B. & HAWLITZKY N., 1986.- La diapause chez les Trichogrammes et ses avantages pour la production de masse et la lutte biologique. Med. Fac. Landbouww. Rijk. Gent. 51 (3a), 1033-1039.
- VOLTERRA V. & D'ANCONNA U., 1935.- Les associations biologiques au point de vue mathématique. Herman éditeur, Paris, 243, 1-96.
- VOUKASSOVITCH H. & VOUKASSOVITCH P., 1934.- Variations dans la durée du développement du papillon *Ephestia kuehniella* ZELL. Annu. Rept. Ent. Soc., 72, 25-26.
- WALKDEN H., 1943.- Cutworm and armyworm populations in pasture grasses waste lands, and forage crops. J. econ. Ent., 36, 376-381.
- WESTWOOD J., 1833.- Descriptions of several new british forms amongst the parasitic hymenopterous insects. Lond. Edinb. Dubl. Phil. Mag., 2, 443-445.
- WILSON F., 1966.- The conservation and augmentation of natural enemies. Proc. F.A.O. Symp. Int. Pest Control, 5, 21-26.

- WISHART G., 1942.- Observations on the rise in temperature due to metabolism in cultures of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zell. Ann. Rept. Entomol. Soc., 72, 25-26.
- XIN-CHUN L., 1987.- Study on the bionomics of the armyworm egg-parasite *Telenomus cirphivorus* LIU (Hymenoptera, Scelionidae). II Int. Symp. Guangzhou (Chine), INRA, 43, 513-514.
- YAMAMOTO T. & TANADA Y., 1979.- Structural Damages to the Granulosis Virus of the Armyworm, *Pseudaletia unipuncta*, Caused by Sucrose Density Gradient Centrifugation. J. Invert. Path., 34, 312-314.
- YATHOM 1966.- Phenology of *Pseudaletia unipuncta* Haw. (Noctuidae. Lepidoptera) in Israel. Isr. J. Ent., 1, 55-61.
- YU D., HAGLEY E. & LAING J., 1984.- Biology of *Trichogramma minutum* Riley collected from Apples in Southern Ontario. Env. Ent., 13 (5), 1324-1329.
- ZIMMERMAN E., 1958.- Macrolepidoptera. Insects of Hawaii. Univ. Hawaii Press, Honolulu, 7, 1-542.
- ZELLER P., 1881.- Lepidopterologische Bernerkungen. Stettiner Ent. Zeitung., 40, 462-471.