

M E M O I R E

-----

PRÉSENTÉ À LA FACULTÉ DES SCIENCES  
U.E.R. DE SAINT-JERÔME  
UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE III.

oOo

ETUDE COMPAREE DE LA VALEUR DE DEUX HOTES  
DE SUBSTITUTION SITOTROGA CEREALELLA OLIVIER ET  
EPHESTIA KUEHNIELLA ZELLER POUR LA MULTIPLICATION DES  
TRICHOGRAMMES.

Pour obtenir le  
DIPLÔME D'ÉTUDES APPROFONDIES  
EN ÉCOLOGIE MÉDITERRANÉENNE  
(OPTION ZOOÉCOLOGIE),

par

João TAVARES

JUIN

1982.

# M E M O I R E

-----

PRÉSENTÉ À LA FACULTÉ DES SCIENCES  
U.E.R. DE SAINT-JERÔME  
UNIVERSITÉ D'AIX-MARSEILLE III.

oOo

ETUDE COMPAREE DE LA VALEUR DE DEUX HOTES  
DE SUBSTITUTION SITOTROGA CEREALELLA OLIVIER ET  
EPHESTIA KUEHNIELLA ZELLER POUR LA MULTIPLICATION DES  
TRICHOGRAMMES.

Pour obtenir le  
DIPLÔME D'ÉTUDES APPROFONDIES  
EN ÉCOLOGIE MÉDITERRANÉENNE  
(OPTION ZOOÉCOLOGIE).

par

João TAVARES

JUIN

1982.

## AVANT-PROPOS

Je remercie Monsieur le Recteur de l'Université des Açores, Monsieur GARCIA V. Directeur du Laboratoire d'Ecologie Appliquée ainsi que Monsieur le Président de la "Junta Nacional de Investigaçã Cientifica e Tecnologica" (J.N.I.C.T.) de m'avoir autorisé à présenter en France ce D.E.A. d'Ecologie Méditerranéenne.

J'ai eu l'honneur de suivre l'enseignement de Madame BALAGUER, de Messieurs BIGOT, BONIN, DELYE, GALICIAN et QUEZEL, Professeurs à l'Université des Sciences de Saint Jérôme d'Aix-Marseille. Cet enseignement a été complété dans les Stations de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Avignon et d'Antibes par Messieurs AUDEMARD, CAUSSE, CORNUET, FERRON, GALICHET, LYON et PANIS.

A la Station de Zoologie et de Lutte Biologique d'Antibes, Monsieur JOURDHEUIL m'a accueilli et je lui en suis profondément reconnaissant.

Ma profonde gratitude va à Monsieur VOEGELE J., Maître de Recherches à l'I.N.R.A., qui a dirigé ce travail.

J'adresse à Mademoiselle DAUVAL, Ingénieur à l'I.N.R.A., mes remerciements pour son aide et sa coopération.

Je remercie également tout le personnel du laboratoire des Trichogrammes pour l'assistance précieuse qu'il m'a accordée au cours de ce travail.

Que Madame BRIDE qui a dactylographié et assuré les tirages de ce mémoire trouve ici mes remerciements les plus vifs pour son dévouement.

Enfin je suis très reconnaissant à Madame GIMENEZ d'avoir donné de son temps pour la photographie des insectes, à Madame DI FEDE de nous avoir aidé dans la présentation de ce travail.

# S O M M A I R E

I - <u>INTRODUCTION.</u> .....	1
II - <u>POSITION SYSTEMATIQUE ET ORIGINE DES DEUX HOTES ET DES PARASITOIDES EXAMINES.</u> .....	2
A - <u>LES HOTES.</u> .....	2
1 - <i>Sitotroga cerealella</i> OLIVIER .....	2
2 - <i>Ephestia kuehniella</i> ZELLER .....	2
B - <u>LES PARASITOIDES.</u> .....	4
III - <u>GENERALITES SUR L'ELEVAGE DES HOTES</u> .....	4
IV - <u>MATERIEL ET METHODES</u> .....	6
A - <u>ORIGINE DES SOUCHES</u> .....	6
1 - <i>Sitotroga cerealella</i> .....	6
2 - <i>Ephestia kuehniella</i> .....	6
3 - <i>Trichogramma evanescens</i> .....	6
4 - <i>Trichogramma maidis</i> .....	6
5 - <i>Trichogramma nagarkattii</i> .....	7
6 - <i>Trichogramma brassicae</i> .....	7
B - <u>FACTEURS ABIOTIQUES D'ELEVAGE</u> .....	7
C - <u>METHODOLOGIE</u> .....	7
1) Elevage en individus isolés ou mis en compétition contrôlée ..	7
2) Effet de groupe .....	9
3) Mesure du rythme de ponte .....	9
4) Physiologie ovarienne .....	10
5) Effet des basses températures sur la prénymphe et la nymphe d' <i>Ephestia kuehniella</i> .....	10
6) Les Trichogrammes .....	11

.../...

V - <u>RESULTATS</u> .....	12
A - <u>ELEVAGE EN INDIVIDUS ISOLES OU MIS EN COMPETITION CONTROLEE</u> .....	12
1 - Vitesse de développement et hétérogénéité d'émergence .....	12
a) <i>Sitotroga</i> .....	12
b) <i>Ephestia</i> .....	12
2 - Poids des insectes produits .....	16
a) Chez <i>Sitotroga</i> .....	16
b) Chez <i>Ephestia</i> .....	16
B - <u>COMPARAISON DU DEVELOPPEMENT EN GROUPE CHEZ SITOTROGA ET EPHESTIA</u> .....	18
C - <u>MESURE DE RYTHME DE PONTE POUR SITOTROGA ET EPHESTIA</u> .....	18
D - <u>COMPARAISON DE L'ETAT PHYSIOLOGIQUE OVARIEN AU COURS DE LA PONTE CHEZ SITOTROGA ET EPHESTIA</u> .....	22
E - <u>EFFET DES BASSES TEMPERATURES SUR LA PRENYMPHE ET LA NYMPHE D'EPHESTIA KUEHNIELLA</u> .....	24
F - <u>LES TRICHOGRAMMES</u> .....	27
G - <u>PRODUCTIVITE</u> .....	28
CONCLUSION .....	28
BIBLIOGRAPHIE	

## I - INTRODUCTION

Dans l'Archipel des Açores et plus particulièrement dans l'île de St MIGUEL, le développement de *Megathimna (=Cirphis) unipuncta* HAWORTH (*Lepidoptera, Noctuidae*) bien que signalé depuis 1915 GIBSON in BIBOLINI (1970) est devenu un problème préoccupant. Il semble lié aux déséquilibres fauniques entraînés par l'absence de coordination agricole dans un contexte paysan et topologique complexe. L'absence ou la raréfaction des auxiliaires a entraîné la création du laboratoire d'écologie de l'Université des Açores. Dans ce cadre, une étude a été entreprise pour utiliser contre ce ravageur, appelé vulgairement "chenille des pâturages" ou par les anglo-saxons "army worm", les Trichogrammes sous forme de lâchers inondatifs et saisonniers, GARCIA, TAVARES (1977), FERREIRA (1980).

Un tel projet entraîne l'obligation de rechercher l'hôte le plus compétent pour une multiplication des parasitoïdes à une échelle pratiquement industrielle. Pour de telles multiplications, il est généralement fait appel à des hôtes de substitution choisis parmi les Lépidoptères des denrées alimentaires pour des raisons de commodité et de faible coût des élevages. *Sitotroga cerealella* OLIVIER ou Alucite des céréales est le plus usité et fait l'objet de productions à très grandes échelles dans de véritables biofabriques dans diverses parties du monde principalement en U.R.S.S., Chine et Mexique. A la Station de Zoologie et de Lutte biologique de l'I.N.R.A. à Antibes c'est à la Pyrale de la farine *Ephesia kuehniella* ZELLER qu'il a été fait appel. L'objet de cette étude est de comparer la valeur de ces deux hôtes de substitution de manière à choisir celui qui est le plus avantageux pour l'installation d'une unité de multiplication de Trichogrammes aux Açores (Portugal).

## II - POSITION SYSTEMATIQUE ET ORIGINE DES DEUX HOTES ET DES PARASITOIDES EXAMINES.

### A - LES HOTES.

#### 1. SITOTROGA CEREALELLA OLIVIER.

L'espèce *Sitotroga cerealella* a été décrite par OLIVIER en 1789 et placée dans le genre *Alucita*, dénommée *Alucita cerealella* par HARRIS 1862. L'espèce semblait déjà connue de REAUMUR (1734). Planche 1 : A,C,E.

Le nom de genre *Sitotroga* a été donné par HEINEMANN (1870). D'après la classification de IMMS (1960) la position systématique est la suivante :

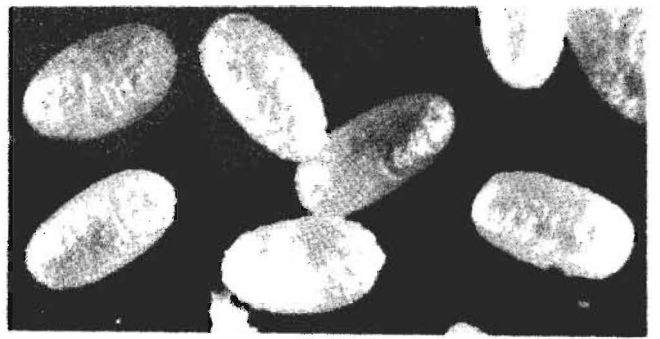
Classe : *Insecta*.  
 Ordre : *Lepidoptera*.  
 Sous-ordre : *Ditrysia*.  
 Groupe : *Tinaeina*.  
 Famille : *Gelechiidae*.  
 Genre : *Sitotroga*  
 Espèce : *Cerealella* OLIVIER.

L'espèce est communément appelée en Europe *Alucite*, Teigne des Blés, l'Angoumois ou angoumois grain moth. Au Portugal, elle est appelée "Alucita", "tinha dos Cereais" ou "traça do trigo". Cette espèce a la plus large répartition géographique mais son origine est encore discutée par les systématiciens.

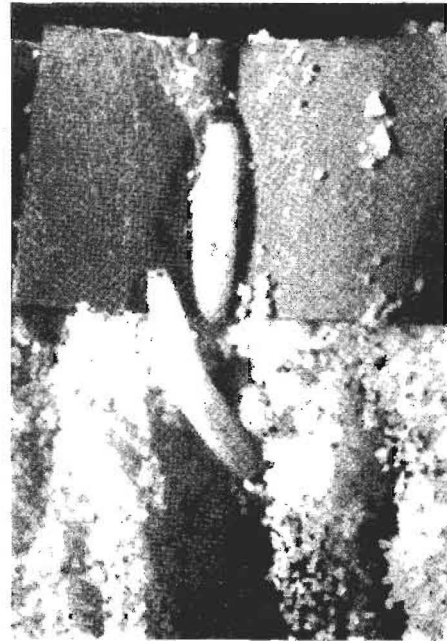
#### 2. EPHESTIA KUEHNIELLA ZELLER.

Cette espèce a été décrite par ZELLER en 1877. En 1956 HEINRICH replace *kuehniella* du genre *Ephestia* GUENEE (1845) dans le genre *Anagasta* de 1879 de ZELLER. Plus récemment en 1965 ROESLER replace l'espèce dans le genre *Ephestia*. C'est donc le nom d'*Ephestia* (= *Anagasta*) *kuehniella* que nous retiendrons dans cette étude. Planche 1 : B,D,F.

Classe : *Insecta*.  
 Ordre : *Lepidoptera*.  
 Sous-ordre : *Ditrysia*.  
 Famille : *Pyralidae*. - *Phycitidae*.  
 Genre : *Ephestia* (= *Anagasta*).  
 Espèce : *kuehniella* ZELLER.



A



B

C

D



E

F

PLANCHE 1 : A-B oeufs : A de *Sitotroga cerealella* OLIVIER ; B d'*Ephestia kuehniella* ZELLER ; C nymphe de *S. cerealella* dans un grain de maïs ; D chenille d'*Ephestia* sur semoule et carton ; E-F imagos : E *S. cerealella* et F d'*E. kuehniella*.

Aussi cosmopolite que la précédente espèce et selon les origines qui lui sont reconnues, elle prend des appellations différentes "teigne des farines", "mediterranean flour moth", "palomilla de la harina", etc...

## B. - LES PARASITOIDES

=====

Les Trichogrammes appartiennent à la:

Classe : *Insecta*.  
Sous-classe : *Ectognatha*.  
Ordre : *Hymenoptera*.  
Sous-ordre : *Chalcidoidea*.  
Groupe : *Chalcididae*.  
Famille : *Trichogrammatidae*.  
Genre : *Trichogramma*.

Espèces étudiées: *evanescens* WESTWOOD.

*maidis* PINTUREAU & VOEGELE.

*nargarkattii* VOEGELE & PINTUREAU.

*brassicae* VOEGELE & PINTUREAU.

La systématique du genre *Trichogramma* est particulièrement difficile du fait de l'existence d'espèces jumelles (seebing species) qui ne peuvent être pour le moment séparées morphologiquement et pour lesquelles il faut faire appel à des tests particuliers comme la biométrie, l'étude enzymatique par électrophorèse et la mixiologie, VOEGELE & al. (1976), PINTUREAU & BABAUT (1980).

## III - GENERALITES SUR L'ÉLEVAGE DES HÔTES.

Les élevages intensifs des deux Lépidoptères de denrées impliquent la contamination d'une denrée entière (*Sitotroga*) ou fragmentée (*Ephestia*) par une dose d'oeufs. La dose est déterminée en fonction des phénomènes de compétition pour le milieu. Le milieu doit être indemne d'autres insectes, les céréales du champ pouvant être déjà contaminées par des granivores KING (1918). Il doit être indemne des microorganismes (épizooties). C'est pour cette raison que les méthodes ont fait appel pour *Sitotroga* à la désinsectisation au bromure de méthyle STOCKEL (1970), à la désinfection au formol ANDREYEV in VOEGELE (1973) et à l'échaudage HASSAN (1981),

- pour *Ephestia* à l'emploi d'une denrée de consommation humaine DAUMAL (1974).

.../...

Tout le développement post-embryonnaire s'effectue dans les grains de maïs, d'orge, de blé pour *Sitotroga*, aux détriments du grain ou de la denrée pour *Ephestia*. Les deux ravageurs ont en commun un comportement éthologique solitaire mais les techniques de masse impliquent cependant une forte cohabitation pour des raisons économiques. Toutes les techniques, que nous ne pouvons décrire ici, font appel à l'utilisation d'un milieu naturellement cloisonné : grains de maïs pour *Sitotroga* ou d'un milieu artificiellement cloisonné : bandes de carton ondulé pour la nymphose d'*Ephestia*.

La récupération des adultes fait appel aux tropismes et aux taxies des imagos qui peuvent être amplifiés ou réduits par les facteurs abiotiques, par des substances stimulantes (kaïromones) ou aromatiques utilisées séparément ou ensemble STOCKEL (1981), BOMMER et REICHMUTH (1980) ou par des narcotiques (CO<sub>2</sub>), DAUMAL (1968).

Les oeufs sont déposés séparément mais les substances de collage sont plus fortes chez *Sitotroga* que chez *Ephestia*. Cependant la technologie permet leur récupération par lavage ou par brossage.

Nous rappelons les principaux travaux réalisés sur l'élevage de ces 2 hôtes :

En ce qui concerne *Sitotroga cerealella*, le premier élevage de BECK (1922) a été amélioré en 1930 par FLANDERS et ELLINGTON, en 1935 par SPENCER, mais les travaux les plus importants pour l'élevage intensif ont été fait par FLANDERS (1930), STEIN (1960), NEUBECKER (1967), LEBEDEV (1970), NEUFFER (1971), DYSART (1973), GRIMM et LAUWRENCE (1975), MORRISON et HOFFMAN (1976), ANDREEV (1977), GERMANOV (1980) HASSAN (1981).

En ce qui concerne *Ephestia kuehniella* pour les premiers élevages intensifs afin de produire des entomophages tels que les Chelonus et les Trichogrammes, il y a lieu de mentionner les travaux de BRINDLEY (1930), de VANCE (1932), de BRADLEY (1941), d'ABDEL MALEK (1947), de BACKER (1949), de BEDFORD (1956), de BILIOTTI et DAUMAL (1969), de DAUMAL et al. (1974).

.../...

Tous les travaux consacrés à *Sitotroga* et *Ephestia* ont porté sur le rendement d'élevages massifs. Les rendements dans le cas d'*Ephestia* sont très variables YAMVRIAS (1961), NICOLAS (1966), STRONG et PARTIDA (1968), DAUMAL (1974), SIDDIQUI et BARLOW (1975), GOMEZ (1981). Il en va de même pour *Sitotroga* (rapports VOEGELE, U.R.S.S., 1973). Tous les auteurs insistent pour ces 2 insectes sur l'aspect sanitaire. C'est par le travail d'HASSAN (1981) que l'on a le plus de précisions à la fois sur cet aspect important et sur le suivi des rendements. CARVALHO (1963) et STOCKEL (1973-1981) se sont penchés sur le développement individuel et en masse.

Quant à nous c'est l'étude comparée entre ces deux hôtes qui nous a paru la plus objective pour trancher sur le choix qu'il y avait à faire de l'un d'eux pour la production industrielle des Trichogrammes.

#### IV - MATERIEL ET METHODES.

##### A - ORIGINE DES SOUCHES.

###### 1. SITOTROGA CEREALELLA.

La souche de *Sitotroga cerealella* que nous avons utilisé a été fournie en 1981 par Monsieur STOCKEL (I.N.R.A., Bordeaux) que nous remercions ici.

###### 2. EPHESTIA KUEHNIELLA.

La souche que nous avons étudié a été récoltée par Monsieur DELANQUE en 1962. Environ 150 mâles et femelles ont été multipliés intensivement à Antibes et elle n'a jamais reçu d'autres apports (DAUMAL, communication personnelle).

###### 3. TRICHOGRAMMA EVANESCENS. (souche n° 5).

Elle a été obtenue des oeufs de *Sesamia sp.* en 1973 (Maroc, Monsieur LE RUMEUR).

###### 4. TRICHOGRAMMA MAIDIS (souche n° 16).

Elle a été prélevée en Moldavie (U.R.S.S.) en 1973 par Monsieur VOEGELE, multipliée sur *Sitotroga* au départ puis sa multiplication s'est poursuivie sur *E. kuehniella*.

5. TRICHOGRAMMA NAGARKATTII (souche n° 58).

Elle provient du Mexique et a été récoltée par J. VOEGELE en 1975.

6. TRICHOGRAMMA BRASSICAE (souche n° 81).

Elle a été capturée à Hyères (France) en 1971 sur *Mamestra brassicae*.

Toutes les souches de Trichogrammes sont maintenues à Antibes (270) sous un n° d'entrée. Elles ont accepté *E. kuehniella* à l'exception d'une seule espèce forestière qui n'a pu se développer sur cet hôte.

## B - FACTEURS ABIOTIQUES D'ELEVAGE.

=====

Le développement post-embryonnaire d'*Ephestia* et *Sitotroga* s'est effectué en tube ou en groupe. Les élevages ont été maintenus dans les conditions abiotiques suivantes :  $t = 25^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  ; H.R. =  $70\% \pm 5\%$ , photopériode 16 heures Jour sauf pour les adultes qui sont restés à l'obscurité. Tout le matériel était enfermé dans des boîtes contenant du NaCl saturé.

## C - METHODOLOGIE.

=====

1. Elevage en individus isolés ou mis en compétition contrôlée.

a) Il était tout d'abord intéressant de contrôler le développement des deux Lépidoptères des denrées sur des aliments comparables. C'est pourquoi, l'un de nos essais a consisté à comparer *Sitotroga* et *Ephestia* sur grains (alimentation normale de *Sitotroga*) et sur semoule (alimentation normale d'*Ephestia*).

b) L'on fait généralement appel à l'orge pour les élevages de *Sitotroga* et au blé dur pour *Ephestia*. Or dans le cadre des Açores, région où doit se diriger notre action de lutte biologique, nous ne disposons que de maïs. Nous avons donc comparé cet aliment avec l'orge et au moins pour *Ephestia* avec le blé dur.

c) Comme nous l'avons signalé, il existe généralement une compétition entre chenilles pour l'aliment. Il y avait donc lieu de tenir compte de celle-ci et d'en faire une approche en variant le nombre de chenilles par unité alimentaire délimitée (le grain).

Ces 3 recherches sont intégrées dans un protocole commun illustré par le tableau I et II, mais l'on a fait intervenir un 4ème point celui de la dose de semoule.

Hôte	Aliment (grain)	Nombre de chenilles/tube/grain			
		1	2	3	4
<i>Ephestia kuehniella</i>	Orge	+	+	+	+
	Maïs	+	+	+	+
<i>Sitotroga cerealella</i>	Orge	+	+	+	+
	Maïs	+	+	+	+

TABLEAU I : Protocole expérimental : poids des 2 hôtes en fonction du type d'aliment et de la compétition (60 répétitions).

Hôte	Aliment (semoule)	Quantité (en gramme)		
		0,065	0,37	0,60
<i>Ephestia kuehniella</i>	Orge	+	+	+
	Maïs	+	+	+
	Blé	-	-	+
<i>Sitotroga cerealella</i>	Orge	+	+	
	Maïs	+	+	

TABLEAU II : Protocole expérimental : poids des 2 hôtes en fonction du type d'aliment et de la dose de l'aliment (60 répétitions).

(+) = essais réalisés. (-) = essais absents.

Nous donnons dans le tableau III le poids des grains utilisés dans l'expérience. (n) = nombre de répétitions, ( $\bar{x}$ ) = moyenne, (Sx) = écart type.

Aliment	Nbre de chenilles/ grain	Poids de l'aliment (en gramme)			Aliment	Poids de l'aliment (en gramme)	
		n	$\bar{x}$	Sx		$\bar{x}$	Sx
Grain orge	1	60	0,053	0,0051	Grain maïs	0,302	0,019
	2	60	0,054	0,0065		0,297	0,018
	3	60	0,056	0,0056		0,298	0,043
	4	60	0,057	0,0053		0,307	0,020

TABLEAU III : Poids des grains utilisés dans l'expérience.

Dans tous ces essais les éclosions ont été suivies de 24 heures en 24 heures. Ont été notées :

- la vitesse de développement,
- l'hétérogénéité d'émergence,
- la mortalité et le cannibalisme,
- la sex ratio des imagos obtenus,
- le nombre de chenilles vivantes qui ne se sont pas nymphosées durant l'essai,
- le poids des papillons.

## 2. Effet de groupe.

Deux cents larves du 1er stade de l'un et l'autre lépidoptère des denrées sont disposées dans des boîtes de plastique transparent fermées de 10 x 9 x 25 cm contenant 200 g de milieu alimentaire (grain d'orge ou de maïs pour *Sitotroga*, semoule de blé dur, d'orge et de maïs pour *Ephestia*). Pour la Pyrale de la farine une plaque alvéolée faite de bandes de carton ondulé de 2 cm de hauteur est déposée sur le milieu. Pour la sélection il a été prélevé les premiers adultes de chacune des 3 générations étudiées.

## 3. Mesure du rythme de ponte.

Les imagos sont groupés par couple à l'émergence dans de petits cylindres en plastique lisse de 3cm de diamètre et 7 cm de hauteur. On dispose un cercle de papier noir au fond de ces cylindres, dans le cas de l'Alucite, pour mieux dénombrer les oeufs ainsi qu'un peu d'eau miellée à 30 % nécessaire chez ce lépidoptère pour l'ovogénèse et la ponte. Le nombre d'oeufs déposé est calculé toutes les 24 heures sur 30 couples.

.../...

#### 4. Physiologie ovarienne.

La dissection de 30 femelles provenant des élevages individuels déjà décrits est faite toutes les 24 heures. Les ovaires sont montés au baume sous lames et lamelles après coloration au vert de méthyle pyronine \*.

#### 5. Effet des basses températures sur la prénymphe et la nymphe d'*Ephestia kuehniella*.

Il est bien connu que l'une des façons de maîtriser les productions d'insectes est de pouvoir différer les sorties imaginales en abaissant la température.

Dans cette étude nous avons recherché l'influence des températures basses (10°C) sur le stade prénymphal et nymphal en examinant son effet sur la durée de développement et la fécondité.

Le développement d'*Ephestia* pour cet essai s'est déroulé en groupe de l'oeuf à la prénymphe à 23°C  $\pm$  1°C et à une H.R. de 70 %  $\pm$  10 %, photopériode de 16 heures. Les chenilles du dernier stade ont été isolées tout au début du tissage du cocon, signe de leur entrée dans le stade prénymphal. Le protocole suivi à partir de ce moment est schématisé par le tableau IV.

Stade de développement	Age d'entrée (jour)	Nombre de jours à 10°C			
		0	2	4	8
Prénymphe	-	-	+	+	+
Nymphe	1 à 3	+	+	+	+
	4 à 10	-	+	+	+
	11 à 25	-	+	+	+

TABLEAU IV : Protocole expérimental suivi pour l'étude de l'influence d'une durée d'exposition à 10°C des stades prénympaux et nymphaux.

Les prénympes et nymphes après le traitement au froid sont remis aux conditions de développement larvaire.

.../...

\* Carnoy : 10 à 15 minutes ; Vert méthyle pyronine : 30 à 60 minutes ;  
Alcool à 96 % : 2 à 3 minutes ; Alcool absolu : 2 minutes ;  
Alcool isopropylique : 5 minutes ; Toluène : 10 minutes.

## 6. Les Trichogrammes.

Pour chacune des 4 espèces de Trichogramme, nous disposons de deux populations, l'une élevée durant 3 générations successives sur *Ephestia*, l'autre sur *Sitotroga*. Pour les différents tests, les oeufs parasités ont été isolés et les femelles et mâles prélevés pour être mis en couples durant 4 heures. Chaque femelle après ce laps de temps est à nouveau isolée. Il lui est donné durant 7 jours une plaquette sur laquelle on a étalé 150 oeufs des 2 hôtes ainsi que quelques gouttelettes de miel ( $t = 25^{\circ}$ , H.R. = 70 %, photopériode : 16 H). Le nombre d'oeufs parasités en 7 jours et la sex ratio ont été suivis.

La capacité de recherche a été mesurée selon la méthode de FERREIRA et al. (1979) sur deux espèces : *T. evanescens* et *T. brassicae*. La façon d'offrir les oeufs aux parasites est celle décrite dans les travaux de VOEGELE et al. (1974).

## V - RESULTATS.

### A - ELEVAGE EN INDIVIDUS ISOLES OU MIS EN COMPETITION CONTROLÉE.

#### 1. Vitesse de développement et hétérogénéité d'émergence.

##### a) Sitotroga.

Nous voyons (tableau V) que la vitesse de développement la plus courte s'observe pour les mâles comme pour les femelles, dans tous les cas où il n'y a pas de compétition (1 larve de *Sitotroga* par tube), tant sur l'orge que sur le maïs. L'hétérogénéité du développement est d'autant plus élevée que les compétitions sont plus fortes et que le milieu est plus pauvre (Fig. n° 1). Nous n'observons pas de différence significative sur la sex ratio.

L'étude de la mortalité ou du cannibalisme montre que lorsqu'il y a plus d'une chenille par grain d'orge ou de maïs, on obtient toujours un seul individu et que le rendement est d'autant plus élevé qu'on a peu de compétition. Les difficultés que rencontrent les chenilles néonates pour pénétrer dans le grain sont plus grandes dans le cas du maïs que dans le cas de l'orge. Elles expliquent les différences de rendement optimal observées pour l'orge (90,47 %) et pour le maïs (53,48 %).

*Sitotroga* n'a pu se développer dans la semoule (100 % de mortalité).

##### b) Ephestia.

On ne peut obtenir le développement d'*Ephestia kuehniella* sur les grains intacts (100 % de mortalité) les larves du premier âge ne pouvant pénétrer dans les grains secs.

Le tableau VI montre clairement que le développement larvaire est possible sur semoule d'orge même en faible quantité mais avec un rendement très bas. Aux doses faibles, il est par contre impossible sur maïs. Pour les deux sexes les temps de développement s'allongent lorsque la ration alimentaire est insuffisante

.../...

Aliment	Nbre de chenilles par grain	Sexe	Durée du cycle total en jours			Hétérogénéité des sorties d'imagos		Sex ratio %	Mortalité cannibalisme	Rendement de l'essai %
			n	$\bar{x}$	Sx	$\bar{x}$	Sx			
Grain Orge	1	♂	18	44,55	4,04	6,33	2,58	46,15	4	90,47
		♀	21	44,38	4,36	7,04	2,72	53,84		
	2	♂	20	47,35	6,90	10,20	5,72	50,00	41	49,38
		♀	20	47,45	5,33	10,70	5,55	50,00		
	3	♂	30	46,00	5,61	8,73	4,01	56,60	81	32,08
		♀	23	46,78	6,80	8,95	5,38	43,39		
	4	♂	25	49,88	3,64	11,92	3,53	55,55	91	33,08
		♀	20	49,50	5,18	11,70	5,20	44,44		
Grain Maïs	1	♂	12	45,41	10,82	12,83	10,46	52,17	20	53,48
		♀	11	44,36	10,58	21,63	10,76	47,82		
	2	♂	23	52,91	8,85	18,78	12,92	52,27	51	46,31
		♀	21	49,38	14,00	14,28	11,97	47,72		
	3	♂	20	53,10	11,83	18,70	12,90	54,05	104	26,24
		♀	17	56,35	9,23	22,11	10,49	45,94		
	4	♂	21	52,09	9,10	19,14	11,70	47,72	123	20,35
		♀	23	47,86	9,94	13,73	9,85	52,27		

TABLEAU V : Comparaison pour *Sitotroga cerealella* de la durée du développement, de l'hétérogénéité des émergences, de la sex ratio, de la mortalité (cannibalisme), du rendement, en fonction de deux aliments (grains d'orge et de maïs) et du nombre de chenilles par grain.

(n = nombre d'individus ;  $\bar{x}$  = moyenne ; Sx = écart type).

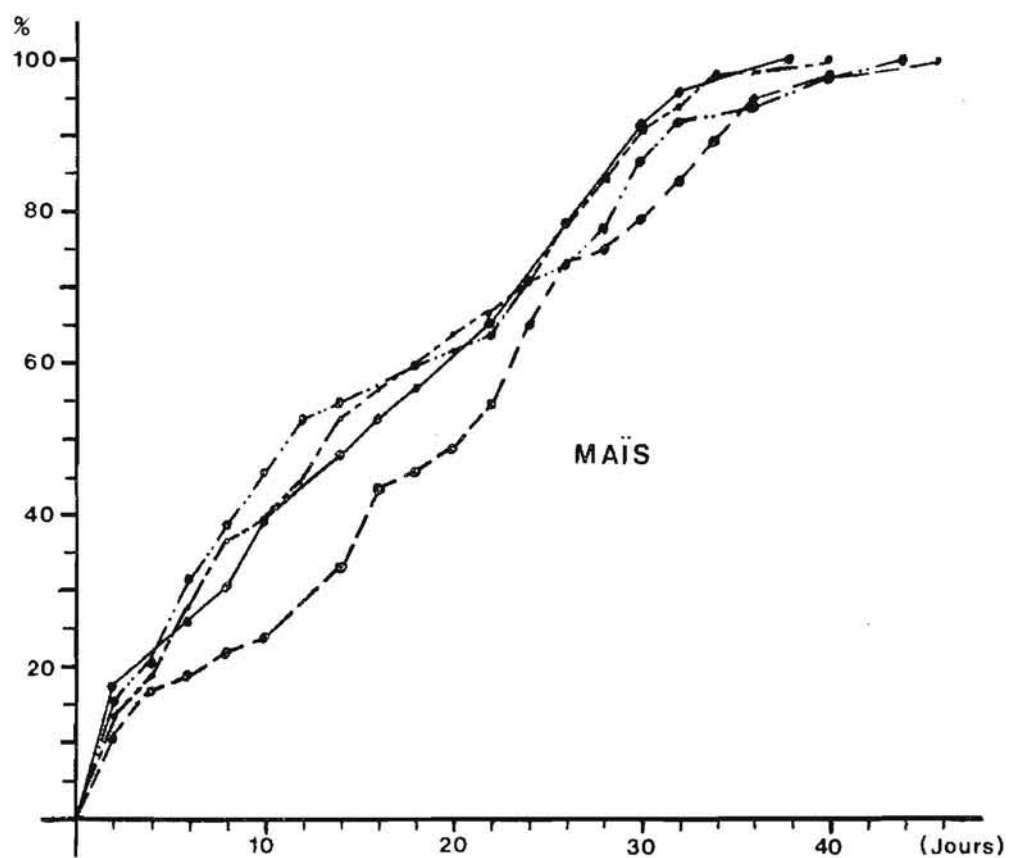
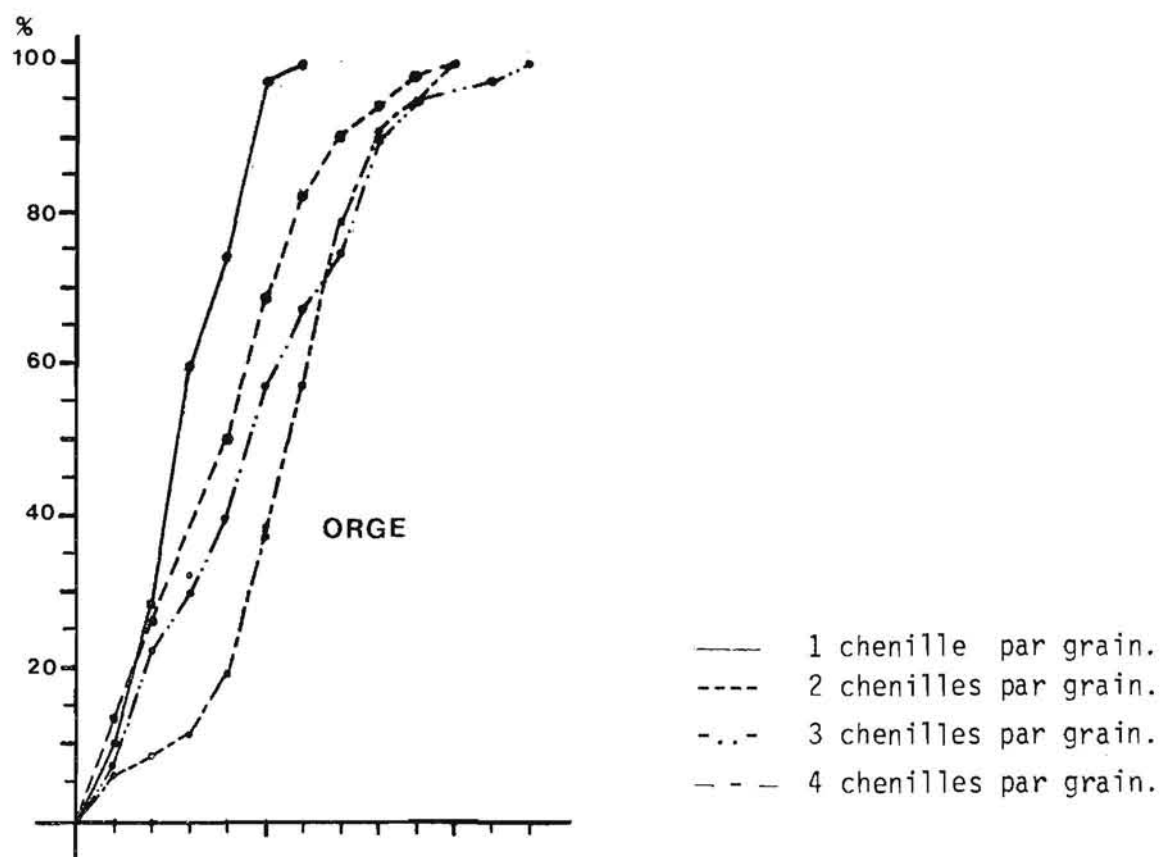


FIGURE 1 : *Sitotroga cerealella*. % cumulés des émergences dans le temps.

Aliment	Quantité (Gramme)	Sexe	Durée du cycle total en jours			Hétérogénéité des sorties d'imagos		Sex ratio	Nbre de chenilles viv. non nympho- sées	Rendement de l'essai %
			n	$\bar{x}$	Sx	$\bar{x}$	Sx			
Semoule orge	0,065	♂	5	70,20	13,27	12,40	14,79	38,46	37	26,00
		♀	8	78,37	8,38	20,50	11,60	61,53		
	0,37	♂	17	58,11	5,55	9,05	5,79	45,94	8	69,81
		♀	20	57,05	4,40	7,70	4,26	54,05		
	0,60	♂	18	59,94	5,81	8,55	6,20	47,36	8	80,85
		♀	20	57,80	4,42	6,60	3,84	52,63		
Semoule maïs	0,065	♂	-	-	-	-	-	-	50	0
		♀	-	-	-	-	-	-		
	0,37	♂	12	62,50	10,52	12,66	9,03	44,44	26	50,94
		♀	15	62,26	11,08	12,93	10,84	55,55		
	0,60	♂	18	57,05	4,73	8,11	4,57	45,00	9	78,43
		♀	22	54,40	5,03	5,18	3,24	55,00		
Semoule blé	0,60	♂	22	58,40	5,63	8,81	5,90	57,89	12	70,37
		♀	16	57,62	5,33	7,50	5,39	42,10		

TABEAU V : *Ephestia kuehniella* : Durée du développement de l'hétérogénéité des émergences de la sex-ratio et du rendement en fonction du type et de la dose de l'aliment. Les chenilles permanentes sont dénombrées.

Ainsi l'on constate à la même dose de 0,37 grammes une nette supériorité de l'orge sur le maïs et à la dose de 0,60 de l'orge sur le blé.

Dans le cas d'*Ephestia*, nous avons toujours observé, quelles que soient les doses ou l'aliment, un pourcentage de l'ordre de 10 % au moins de chenilles n'atteignant jamais le stade nymphal. Ce phénomène ne semble pas lié à la carence alimentaire car il apparaît dans tous les cas.

Si l'on compare maintenant les vitesses de développement des 2 hôtes dans la situation optimale (Tableau V et VI), on voit que la plus rapide est de loin celle de *Sitotroga*. Cependant les vitesses comparées du développement ne sont pas suffisantes pour exprimer la "qualité" des insectes produits. Le poids, notamment celui de la femelle, joue un rôle essentiel dans le rendement final de l'élevage.

## 2. Poids des insectes produits.

### a) Chez *Sitotroga*.

Le poids des mâles ou des femelles (Tableau VII) est toujours plus faible dans l'orge. En effet l'adulte obtenu à partir de cette denrée est toujours plus petit que celui développé sur grain de maïs. On s'aperçoit également que lorsqu'il y a compétition larvaire que ce soit pour le grain d'orge ou de maïs, le poids de l'insecte augmente. Or, dans tous les cas de compétition, nous avons toujours vérifié qu'une seule chenille subsistait par grain. C'est donc probablement par élimination de la larve concurrente que l'individu solitaire acquiert une augmentation de poids. On peut enfin constater que le poids des femelles est environ le double de celui des mâles. Malheureusement compte tenu de l'hétérogénéité déjà signalée pour l'espèce, la fécondité des individus obtenus n'a pu être étudiée.

### b) Chez *Ephestia*.

Nous recoupons l'observation déjà faite sur l'hétérogénéité des émergences en fonction des aliments donnés. Ici également l'orge semble l'aliment (Tableau VIII) donnant le poids le plus élevé. Un gain de poids net est observé avec l'augmentation de la dose de l'aliment.

.../...

Nombre de chenilles/ grain	Sexe	Poids d'imagos (en gramme)					
		Grain orge			Grain maïs		
		n	$\bar{x}$	Sx	n	$\bar{x}$	Sx
1	♂	18	0,0042	0,0007	12	0,0062	0,0014
	♀	21	0,0086	0,0016	11	0,0094	0,0020
2	♂	20	0,0050	0,0014	23	0,0067	0,0013
	♀	20	0,0090	0,0019	21	0,0110	0,0025
3	♂	30	0,0044	0,0009	20	0,0058	0,0019
	♀	23	0,0082	0,0017	17	0,0112	0,0035
4	♂	25	0,0054	0,0010	21	0,0059	0,0013
	♀	20	0,0091	0,0018	23	0,0109	0,0030

TABLEAU VII : *Sitotroga cerealella*. Comparaison des poids des adultes dans deux types de grains en fonction du nombre de chenilles en compétition.

Quantité d'aliment	Sexe	Poids d'imagos(en gramme)								
		Orge			Maïs			Blé		
		n	$\bar{x}$	Sx	n	$\bar{x}$	Sx	n	$\bar{x}$	Sx
0,065	♂	5	0,0055	0,0013	-	-	-	-	-	-
	♀	8	0,0073	0,0017	-	-	-	-	-	-
0,37	♂	17	0,0124	0,0037	12	0,0117	0,0043	-	-	-
	♀	20	0,0212	0,0035	15	0,0201	0,0024	-	-	-
0,60	♂	18	0,0142	0,0021	18	0,0143	0,0020	22	0,0126	0,0017
	♀	20	0,0222	0,0029	22	0,0214	0,0032	16	0,0219	0,0032

TABLEAU VIII : *Ephestia kuehniella* Comparaison des poids des adultes en fonction de trois types d'aliment à trois doses.

## B - COMPARAISON DU DEVELOPPEMENT EN GROUPE CHEZ *SITOTROGA* ET *EPHESTIA*.

Nous avons voulu vérifier ce que devenait le poids des imagos des deux Lépidoptères dans un élevage de masse c'est-à-dire sous l'effet de groupe comparé à celui des imagos isolés ou en compétition connue. On voit (tableaux IX et X) que la durée du développement de *Sitotroga* est en groupe ou en individus isolés toujours plus courte que celle d'*Ephestia*. Pour les deux espèces l'orge donne les vitesses de développement les plus brèves. En ce qui concerne l'hétérogénéité des sorties ainsi que nous l'avons vu en élevage isolé, les sorties de *Sitotroga* et d'*Ephestia* sont les mieux regroupées dans le cas du grain d'orge ou de la semoule d'orge. Elles s'échelonnent par contre sur maïs et blé.

Par ailleurs il était intéressant de voir chez *Ephestia* si les descendants des papillons les premiers éclos sur blé transmettaient cet effet de vitesse à leur progéniture. Nous exprimons ces résultats dans le tableau XI et la Figure 2 pour 3 générations (F 0 à F 2). Lors de la première génération (F 0), le plus court développement se situe à 46 jours avec une très grande hétérogénéité de sortie. On n'obtient jamais la totalité des émergences dans le temps de l'expérience (45 jours de sortie). Par contre en F 1 issue de ces parents rapides, on voit que la vitesse de développement est plus courte: 36 jours. L'hétérogénéité de sortie diminue et on a obtenu 100 % d'émergence en 30 jours. A la F 2 issue des plus rapide imagos de la F 1 la vitesse de développement diminue encore: 34 jours et l'hétérogénéité se limite à 18 jours pour 100 % d'émergence.

Il serait intéressant de poursuivre l'étude de ces effets car nous avons également observé que les poids des descendants les plus rapides chutent légèrement en F 1 puis augmentent en F 2.

## C - MESURE DU RYTHME DE PONTE POUR *SITOTROGA* ET *EPHESTIA*.

1. Il nous a paru utile de comparer les vitesses d'émissions des oeufs chez les deux Lépidoptères. Le tableau XII et la Figure 3 qui s'y rattachent montrent que les rythmes d'émissions s'étalent sur plusieurs jours, a insi que l'avait déjà signalé STOCKEL (1973-1981) *Ephestia* émet la plus grande partie de sa ponte dans les 3 premières nuits ce qui confirme les observations de NORRIS (1932). Pratiquement 60 % des pontes sont lâchés en 2 nuits pour *Ephestia*, en 3 nuits pour *Sitotroga* à 25°C.

Aliment	Géné- ration	Sexe	Durée du développement (en jours)			Étalement des sorties (en jours)		Poids des imagos (en grammes)	
			n	$\bar{x}$	Sx	$\bar{x}$	Sx	$\bar{x}$	Sx
Grain d'orge	F 0	♂	193	41,84	5,54	8,20	5,37	0,0036	0,0005
		♀	184	41,13	4,56	7,70	4,61	0,0076	0,0010
	F 1	♂	833	-	-	13,88	7,00	0,0043	0,0012
		♀	843	-	-	13,80	7,29	0,0085	0,0018
Grain de maïs	F 0	♂	113	44,81	5,54	11,39	4,96	0,0045	0,0011
		♀	120	44,34	4,38	11,30	4,59	0,0084	0,0015
	F 1	♂	196	-	-	16,54	4,09	0,0063	0,0012
		♀	166	-	-	15,62	4,87	0,0105	0,0015

TABLEAU IX : *S. cerealella* : Durée du cycle de la génération parentale (F0), de l'hétérogénéité d'émergence et du poids des imagos. Hétérogénéité et poids de la génération fille (F1).

Aliment	Sexe	Durée du développement (en jours)			Étalement des sorties (en jours)		Poids des imagos (en grammes)		
		n	$\bar{x}$	Sx	$\bar{x}$	Sx	$\bar{x}$	Sx	
Semoule	Orge	♂	107	49,60	4,08	7,88	3,66	0,0141	0,0015
		♀	93	48,61	4,87	7,37	3,58	0,0218	0,0032
	Maïs	♂	94	49,73	4,93	8,91	5,73	0,0139	0,0026
		♀	100	50,85	5,02	9,73	6,05	0,0214	0,0031
	Blé	♂	99	56,57	5,44	10,54	5,26	0,0142	0,0017
		♀	85	58,26	5,19	11,93	6,02	0,0229	0,0024

TABLEAU X : *E. kuehniella* : Durée du cycle, de l'hétérogénéité d'émergence et poids des imagos pour un élevage en groupe sur 200 g de milieu.

Géné- ration	Sexe	Jours					Poids des imagos (en grammes)	
		Durée du cycle des oeufs à imago			Hétérogénéité de sortie		$\bar{x}$	Sx
		n	$\bar{x}$	Sx	$\bar{x}$	Sx		
F 0	♂	99	56,57	5,44	10,54	5,26	0,0142	0,0017
	♀	85	58,26	5,19	11,93	6,03	0,0229	0,0024
F 1	♂	102	45,09	3,25	9,08	5,98	0,0126	0,0016
	♀	98	46,18	3,71	9,26	4,66	0,0194	0,0028
F 2	♂	100	42,21	3,13	8,32	3,06	0,0129	0,0012
	♀	100	42,37	3,19	7,35	3,00	0,0210	0,0030

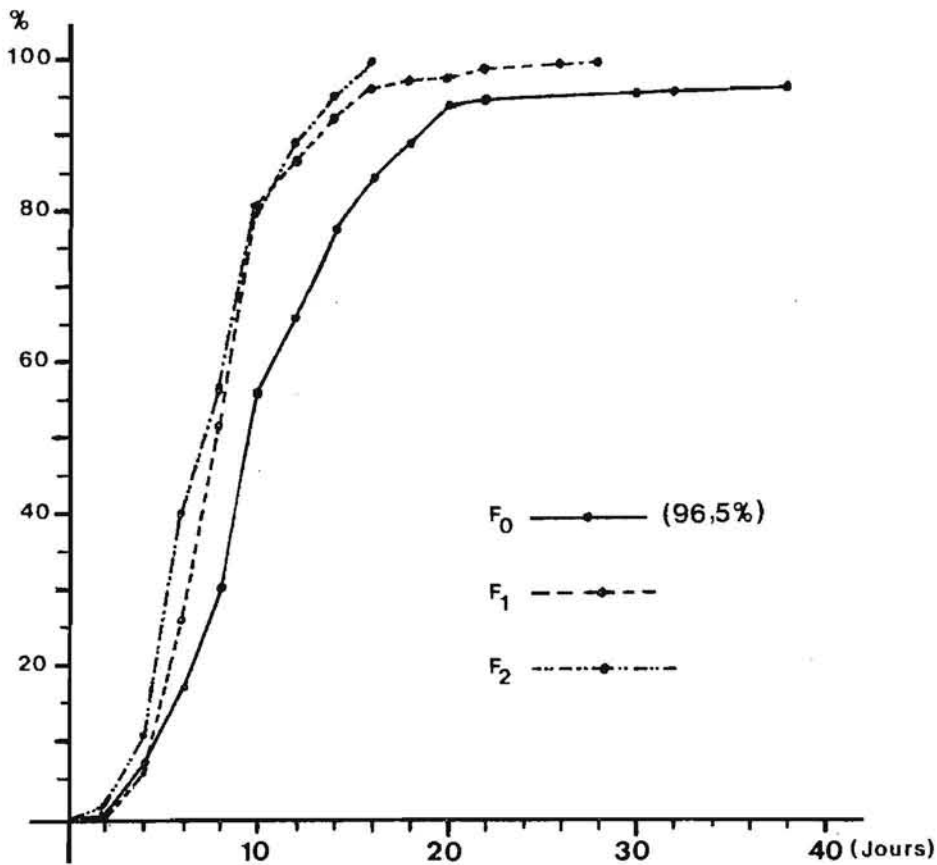


TABLEAU XI ET FIGURE 2 : Durée de développement, hétérogénéité des émergences poids des imagos des trois générations successives les plus rapides. La figure exprime en pourcentages cumulés la vitesse des émergences.

Jours de ponte	<i>Sitotroga cerealella</i>			<i>Ephestia kuehniella</i>		
	$\bar{x}$	Sx	%	$\bar{x}$	Sx	%
1er	-	-	-	123,03	62,14	33,39
2ème	42,13	20,87	24,58	98,96	48,57	26,86
3ème	60,28	31,03	35,17	70,76	46,66	19,20
4ème	47,71	20,18	27,84	41,66	16,15	11,30
5ème	21,25	13,15	12,40	34,00	18,18	9,22

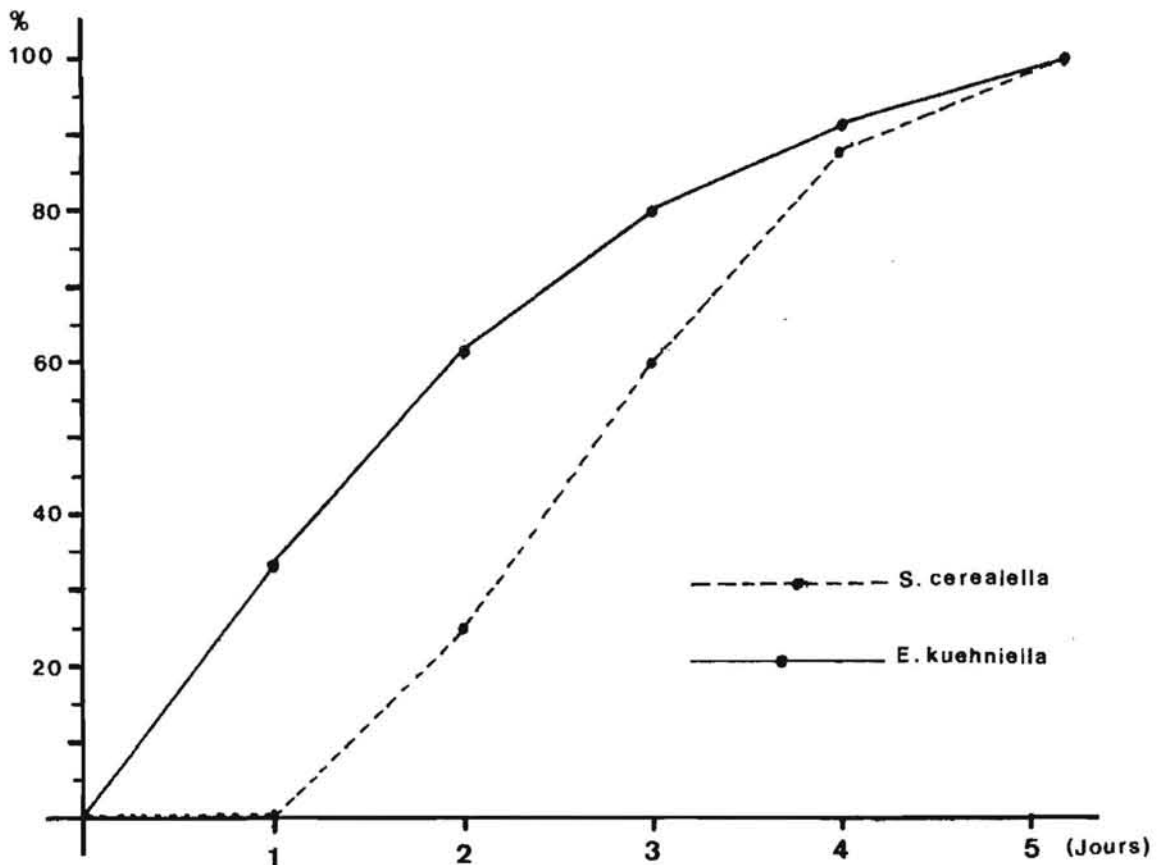


TABLEAU X ET FIGURE 3 : Rythme de ponte chez *S. cerealella* et *E. kuehniella* en 5 nuits à 25°C, 70 % H.R. et obscurité totale (30 répétitions) et courbe cumulée des pontes.

2. Dans un autre essai la quantité d'oeufs obtenus pour chacun des 2 hôtes a été comparée, tableau XIII. Dans cet essai les femelles de *Sitotroga* avaient disposé d'un grain (orge ou maïs) pour leur développement et celles d'*Ephestia* d'une quantité de semoule largement suffisante. On se rend compte que *S. cerealella* pond deux fois moins que *E. kuehniella*. Les pontes de *Sitotroga* sont plus élevées quand le développement s'est déroulé sur maïs. Nous avons déjà vu que le poids de la femelle est plus élevé sur cet aliment.

Hôte	Aliment	Orge		Maïs		Blé	
		$\bar{x}$	Sx	$\bar{x}$	Sx	$\bar{x}$	Sx
<i>Sitotroga</i>	Grain	152,2	29,09	171,40	35,33	-	-
<i>Ephestia</i>	Semoule (0,60g)	312,33	64,39	312,63	33,11	343,56	36,13

TABLEAU XIII : Ponte de 30 couples isolés de *S. cerealella* et de 30 couples isolés d'*E. kuehniella* sur différents aliments pendant 5 nuits de ponte à 25°C.

Nous savons d'autre part que pour *E. kuehniella* une bonne fécondité est obtenue sur orge, maïs et blé quand la dose d'aliment est largement suffisante. Cependant que ce soit pour la Pyrale de la farine ou pour l'Alucite des céréales les écarts type sont très grands et nous avons essayé de rechercher la cause de cette variabilité en examinant les ovaires des 2 espèces.

D - COMPARAISON DE L'ETAT PHYSIOLOGIQUE OVARIEN AU COURS DE LA PONTE  
 =====  
 CHEZ *SITOTROGA* ET *EPHESTIA*.  
 =====

Une des différences essentielles entre l'Alucite et la Pyrale de la farine se situe au niveau de l'oosorption. En effet STOCKEL (1973) a bien montré que les ovocytes chorionnés se résorbent dans une glande spécialisée. Nous avons vainement cherché chez *Ephestia* un organe analogue. L'abondante littérature consacrée à l'ovogénèse de ce Lépidoptère, par tous les auteurs, a montré que la ponte est "formée" dès l'émergence de la femelle. BAROUGH-BONAB (1965) a décrit le développement de l'ovaire de façon très complète. Pour notre part, nous avons suivi de 24 en 24 heures sous le binoculaire, après coloration au vert méthyle pyronine, chez 30 femelles de chaque espèce la formation des ovocytes que nous avons classé en 3 rangs : ovocytes chorionnés, ovocytes en vitellogénèse et ovocytes sous le germarium (ovocytes) (Figure 4).

.../...

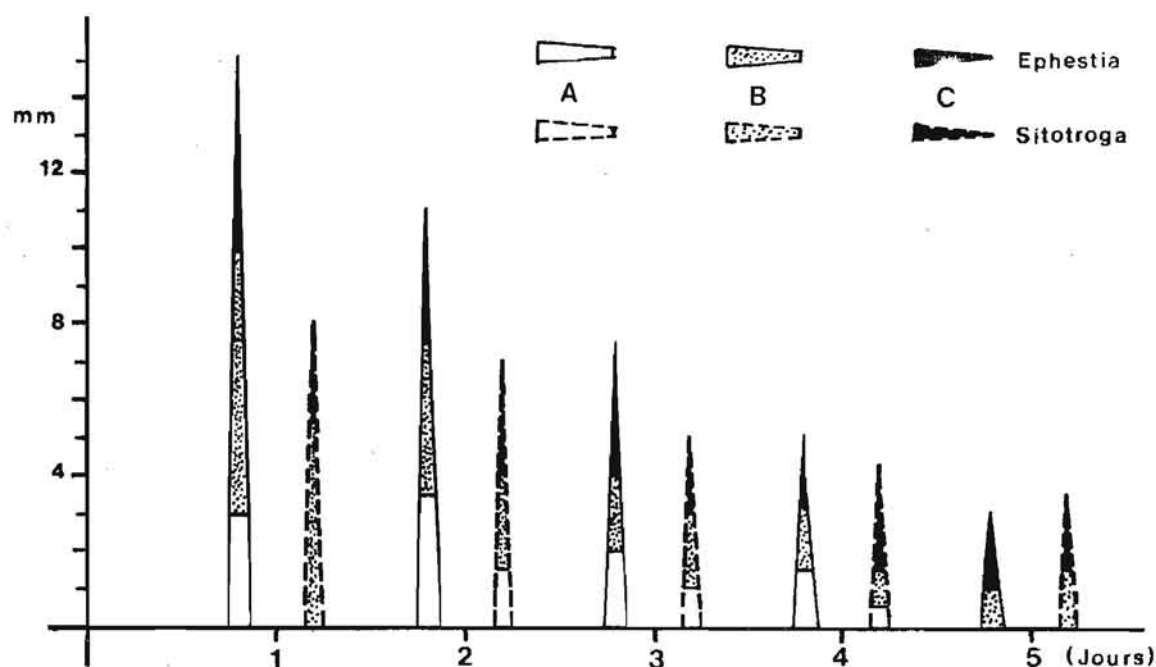


FIGURE 4 : Comparaison de l'état physiologique ovarien au cours de la ponte chez *Ephestia* et *Sitotroga* :

- A) Ovocytes chorionnés ; B) ovocyte en vitellogénèse ;  
C) Ovocyte sous le germarium.

Nous exprimons en millimètres la longueur moyenne respective de ces gaines du type méroïstique polytrophique GRASSE (1951), RACCAUD-SCHOELLER (1980). La figure 4 met en évidence la plus grande longueur de l'ovaire d'*Ephestia* sur celle de *Sitotroga*, l'inexistence d'oeufs chorionnés chez ce dernier au 1er jour.

Une autre différence essentielle pour le rendement en oeufs dans le temps est à signaler. En effet la décroissance des longueurs des gaines ovariennes est plus nette chez *E. kuehniella* que chez *S. cerealella*. Nous avons observé que les gonades de *Sitotroga* tout au long de la vie imaginaire baignent dans un abondant tissu adipeux, alors que chez *Ephestia* il est plus réduit, les ovaires remplissant la cavité abdominale.

.../...

On sait qu'il existe des différences importantes dans la durée de la vie imaginaire des deux insectes. *Sitotroga* peut avoir dans les champs une durée de vie très longue STOCKEL (1973). La faculté d'élaborer ses oeufs au fur et à mesure, la faculté de les résorber offrent à ce lépidoptère des possibilités d'émission complexes.

Il n'est pas impossible que les différentes fluctuations dans le dépôt de la ponte n'entraînent des modifications de l'oeuf.

Ce type d'étude s'avère très intéressant pour la multiplication des Trichogrammes. Dans un premier temps, nous nous sommes penchés sur la comparaison volumétrique des 2 hôtes de substitution. En effet il était opportun pour un choix éventuel d'estimer le poids des oeufs. Les dimensions données par ARBOGAST & al. (1980) laissent à penser qu'il y avait peu de différences entre les 2 oeufs. Par contre ses descriptions comparées de l'épaisseur et des formes des oeufs de différents lépidoptères pouvaient faire penser que la structure des chorions était de différente nature. En effet, le chorion de *Sitotroga* est très chargé en cryptes et en dépressions alors que celui d'*Ephestia* est plus lisse. Nous avons comparé par pesées les oeufs fusiformes de *Sitotroga* par rapport aux oeufs ellipsoïdes d'*Ephestia*, le tableau XIV montre que la moyenne de poids de l'oeuf d'*Ephestia* dépasse de 25 % celui de l'oeuf de l'Alucite pour un embryon de même âge (1).

Espèce	Statistique sur groupes de 10 oeufs		Poids moyen (miligr.)	d'après ARBOGAST (1980)	
	$\bar{x}$	Sx		Longueur (mm)	Largeur (mm)
<i>Ephestia</i>	0,286	0,009	<u>0,028</u>	0,51 ± 0,02	0,29 ± 0,01
<i>Sitotroga</i>	0,214	0,013	<u>0,021</u>	0,60 ± 0,04	0,27 ± 0,01

TABLEAU XIV : Poids et dimensions des oeufs d'*Ephestia* et *Sitotroga* (30 répétitions).

#### E - EFFET DES BASSES TEMPERATURES SUR LA PRENYMPHE ET LA NYMPHE

##### D'EPHESTIA KUEHNIELLA.

On voit tableau XV que quelle que soit la durée d'exposition de la prénymphe à 10°C la durée de développement préimaginaire est à peu près constante.

(1) CIOCHIA (1982) confirme le poids moyen de 0,028 mg pour *Ephestia* dans ses élevages en Roumanie.

Stade de développement	Age d'envoi (jours)	Analyse	Nombre de jours à 10°C			
			2	4	8	
Pré-nymphe	- 2 à 1	n	12	13	12	
		$\bar{x}$	0	24,75	23,53	25,00
			♀	24,41	23,46	25,00
		Sx	0	3,25	2,56	1,04
			♀	2,84	2,22	1,04
		Nymphe	1 à 3	n	27	27
$\bar{x}$	0			17,96	20,03	23,59
	♀			16,92	19,92	22,70
Sx	0			0,70	0,33	0,63
	♀			0,67	0,47	0,54
4 à 10	n			27	27	27
	$\bar{x}$		0	17,33	18,55	21,74
			♀	16,14	18,00	20,85
	Sx		0	0,78	0,57	0,76
			♀	1,06	0,55	0,60
	11 à 25		n	27	27	27
$\bar{x}$			0	17,51	16,81	20,59
		♀	15,88	16,74	20,55	
Sx		0	0,70	0,62	0,84	
		♀	1,08	0,98	1,18	

TABLEAU XV : Influence de trois durées d'exposition à 10°C des prénymphe et nymphes sur la durée de développement préimaginal ( $\bar{x}$  = moyenne, Sx = écart type ; n = nombre d'individus) exprimée en jours.

Par contre dans le cas de la nymphe, le développement est d'autant plus allongé que la durée de séjour au froid est plus grand. Par ailleurs quel que soit l'âge de la nymphe introduite au froid la durée de développement préimaginal pour une exposition de 2 jours à 10°C est constante. Le témoin se situe à 17,03 jours ( $\bar{x}$ ) pour les mâles et 16,00 ( $\bar{x}$ ) pour les femelles.

Le tableau XVI nous montre une baisse de la fécondité des femelles dont la prénympe a subi de 2 à 8 jours de froid. Les femelles sont souvent déformées (15 %) et les mâles stériles (22 %).

Stade de développement	Age du stade (en jours)	Analyse	Nombre de jours à 10°C		
			2	4	8
Pré-nymphe	-	n	16	17	11
		$\bar{x}$	213,06	225,58	218,81
		Sx	45,42	69,55	69,99
Nymphe	1 à 3	n	25	25	25
		$\bar{x}$	292,12	329,08	288,48
		Sx	83,42	47,73	43,24
	4 à 10	n	25	22	25
		$\bar{x}$	312,40	321,36	305,68
		Sx	39,56	52,24	70,65
	11 à 25	n	25	25	25
		$\bar{x}$	264,32	311,00	294,80
		Sx	50,05	55,72	45,13

TABLEAU XVI : Fécondité des imagos d'*Ephestia kuehniella* qui ont subi le froid à partir de l'état pré-nymphe et nymphal.

Au contraire chez les femelles dont la nymphe (que ce soit de 1 à 25 jours d'âge) a subi 10°C, de 2 à 8 jours on n'observe ni déformation, ni stérilité anormale, ni baisse de fécondité. La fécondité moyenne du témoin Prénympe non représentée dans le tableau, était de 300,36 oeufs avec un écart type de 53,35.

.../...

## F - LES TRICHOGRAMMES.

=====

Le tableau XVII nous montre la nette supériorité des oeufs d'*Ephestia* sur ceux de *Sitotroga* pour la fécondité des 4 espèces de Trichogrammes mais particulièrement de *T. maidis* et *T. nagarkatti* où elle est doublée. La sex ratio semble à peu près constante quelle que soit l'espèce et quel que soit l'hôte sauf chez *T. brassicae* où le pourcentage de femelles semble généralement bas :

Trichogramme	<i>Sitotroga cerealella</i>				<i>Ephestia kuehniella</i>			
	Fécondité		% femelles		Fécondité		% femelles	
	$\bar{x}$	Sx	$\bar{x}$	Sx	$\bar{x}$	Sx	$\bar{x}$	Sx
evanescens	46,53	6,13	70,36	10,15	63,83	13,03	69,00	12,75
maidis	39,18	16,18	73,06	7,96	68,36	11,51	78,14	9,13
nagarkatti	42,15	7,65	65,06	14,63	76,18	16,05	66,07	18,19
brassicae	53,29	6,18	51,06	19,15	58,83	15,89	42,08	25,09

TABLEAU XVII : Fécondité (sur 7 jours) et pourcentage des femelles obtenu à partir de quatre souches de Trichogrammes issus de deux hôtes de substitution (30 répétitions).

En ce qui concerne la capacité de recherche, on voit tableau XVIII que l'indice I.C.R. est plus élevé chez *Sitotroga* que chez *Ephestia*. Il serait intéressant de tester cette capacité vis-à-vis des hôtes naturels pour montrer l'influence de l'hôte de substitution sur la capacité de découvrir les ravageurs à combattre.

<i>Trichogramma</i>	<i>E. kuehniella</i> I.C.R.	<i>S. cerealella</i> I.C.R.
<i>evanescens</i>	4,2	6,6
<i>brassicae</i>	2,0	5,4

TABLEAU XVIII : Indice de capacité de recherche (I.C.R.) de l'hôte chez deux souches de Trichogrammes vis-à-vis de deux hôtes.

.../...

## G - PRODUCTIVITE.

=====

Compte tenu des données ainsi acquises, il était intéressant pour chacun des deux hôtes de calculer le nombre d'oeufs produits théoriquement par kilogramme d'aliment. Il suffit pour cela de calculer le nombre d'insectes produits par kilo d'aliment connaissant la sex ratio et la dose d'aliment optimale par individu et de multiplier ensuite le nombre de femelles ainsi estimées par la ponte moyenne de ces femelles (tableau XIX).

On peut transformer également ces oeufs en biomasse en les multipliant par leur poids moyen. Le rendement le plus élevé est incontestablement celui produit par l'élevage de *Sitotroga cerealella* sur l'orge en grain. Il y a cependant lieu de souligner la valeur toute théorique de ces chiffres. En effet, entre ce qui est réalisé en petit tube et ce qui se passe en élevage intensif peuvent intervenir de nombreux facteurs non examinés dans ce travail.

Dans une autre étape, on peut estimer la production des Trichogrammes à partir des oeufs obtenus par kilogramme d'aliment (tableau XX). La supériorité des élevages de *Sitotroga* sur orge est encore notoire : Elle double quand intervient l'auxiliaire, elle quadruple quand les rendements en oeuf des deux hôtes sont comparés.

## CONCLUSION.

Les divers essais mis en place pour tester la valeur des deux hôtes d'élevage pour les Trichogrammes nous permettent de tirer un certain nombre de résultats :

- L'influence de la quantité du milieu alimentaire, de sa qualité, de sa présentation est importante pour les potentialités des deux Lépidoptères. Si le grain d'orge offre un habitat intéressant pour le développement de *Sitotroga*, pour sa qualité alimentaire qui accélère la durée de son développement et diminue l'hétérogénéité des émergences, il présente par contre l'inconvénient de faire chuter le poids et la fécondité des imagos ce qui se voit bien en élevage isolé.
- L'élevage en groupe confirme les résultats mis en évidence en élevage ponctuel.
- La durée de développement est toujours plus courte chez l'Alucite par rapport à la Pyrale de la farine, quel que soit le milieu alimentaire. La semoule d'orge s'est révélée être le milieu le plus riche pour *Ephestia* mais elle en utilise 5 fois plus.

.../...

Hôtes	Aliments	Dose optimale d'aliment par individu	Estimation du nombre d'insectes par kg	% de ♀	Nbre de femelles par kg	Moyenne de ponte	Estimation du nombre d'oeufs par kg	Grammes d'oeufs par kg	
<i>Sitotroga</i>	Grain	Maïs	0.301	3.300	48	1.584	171	270.864	56.881
		Orge	0.055	18.200	48	8.736	152	1.327.872	278.853
<i>Ephestia</i>	Semoule	Maïs	0.45	2.200	55	1.210	312	377.520	105.705
		Orge	0.37	2.700	55	1.512	312	471.744	132.088
		Blé	0.60	1.700	49	833	343	285.719	80.001

TABLEAU XIX : Productivité comparée des 2 hôtes.

<i>Trichogramma</i>	Fécondité (7 jours)	<i>Ephestia kuehniella</i> (sur semoule)			Fécondité (7 jours)	<i>Sitotroga cerealella</i> (sur grain)	
		Maïs (377.520)	Orge (471.744)	Blé (285.719)		Maïs (270.864)	Orge (1.327.872)
<i>evanescens</i>	63.83	24.097.101	30.111.419	18.237.443	46.53	12.603.301	61.785.884
<i>maidis</i>	68.36	25.807.267	32.248.419	19.531.750	39.18	10.612.451	52.026.025
<i>nagarkattij</i>	76.18	28.759.473	35.937.457	21.766.073	42.15	11.416.917	55.969.804
<i>brassicae</i>	58.83	22.209.501	27.752.699	16.808.848	53.29	14.434.342	70.762.298

TABLEAU XX : Perspective théorique de production animale de 4 souches de

- Nous avons pu montrer qu'en prenant des individus à développement plus rapide à chaque génération, l'hétérogénéité du développement diminue au cours du temps jusqu'à la 3ème génération où la totalité des émergences d'*Ephestia kuehniella* était atteinte en 18 jours.

- La comparaison de la ponte et l'examen des ovaires ont montré de hautes différences au niveau du rythme de ponte. *Ephestia* présente un potentiel d'oeufs chorionés émis plus rapidement que *Sitotroga*. Les maximum de ponte sont obtenus au 5ème jour pour les deux hôtes.

- La comparaison des oeufs des deux hôtes tant dimensionnelle que pondérale démontre le plus grand volume de l'oeuf d'*Ephestia* et sa plus grande valeur pour les Trichogrammes du moins en ce qui concerne leur fécondité.

- L'étude de la durée du développement et de la fécondité d'*Ephestia kuehniella* après passage des prénymphes et nymphes à basse température a montré qu'il était possible de stocker les nymphes sans avoir de baisse de fécondité.

En conclusion, ces premiers résultats sont encore insuffisants pour se prononcer sur la supériorité de l'un ou l'autre de ces hôtes. Les deux ont des potentialités particulières. En individu isolé le meilleur hôte semble être *Sitotroga*. Il reste à confirmer ce choix au niveau des élevages intensifs.

## BIBLIOGRAPHIE.

- ABD EL-MALEK, A. - 1947. A study of the biology of *Chelonella sulcata* NEES (Hymenoptera, Braconidae). Ohio J.Sc., 47 (5), 206-216.
- ANDREEV, S.V. - 1977. Production industrielle de *Trichogramma*. Zash.Rast. 6, 26-28.
- AQINO GOMEZ, V.M. - 1981. Estudios preelminares para el establecimiento del control de la calidad del *Bracon kirpartricki* WILL. y de la *Ephestia kuehniella*. IX Reun. Nacional de Control Biologico, Oaxacas Mexique, 210-219.
- ARBOGAST, R.T., LECATO, G.L. & VAN BYRD, R. - 1980. External morphology of some eggs of stored-product moths (Lepidoptera : Pyralidae, Gelechiidae, Tineidae). Int.J.Insect Morphol. & Embryol., Great. Britain, 9, 165-177.
- BACK, E.A. - 1922. Angoumois grain moth. U.S. Dept. Agr. Farmers'Bul. 1156, 6-7.
- BAKER, W.A., BRADLEY, W.G. & CLARK, C.A. - 1949. Biological control of the European corn borer in the United States. U.S.D.A. Techn. Bull., 983, 185 p.
- BAROUGH-BONAB, H. - 1965. Etude du développement post-embryonnaire de l'ovaire chez *Ephestia kuehniella* Z. (Lepidoptera, Pyralidae). Effets des radiations ionisantes. Thèse Fac. Sci. Univ. Paris, 65 p.
- BEDFORD, E.C. - 1956. The automatic collection of mass-reared parasites into consignment boxes, using two light sources. J. ent. Soc. Africa, 19 (2), 342-353.
- BIBOLINI, C. - 1970. Comparsa e danni della *Mythimna unipuncta* HAW. (Lep. Noctuidae) in Versilia e referimenti alla sue importanza fitopatologica mondiale. Frustula Entomologica, 10, 4, 1-38.
- BILIOTTI, E. & DAUMAL, J. - 1969. Biologie de *Phanerotoma flavitestacea* FISCHER (Hym. Braconidae). Mise au point d'un élevage permanent en vue de la lutte biologique contre *Ectomyelois ceratoniae* ZELLER. Ann. Zool. Ecol. Anim., 1 (4), 379-394.
- BOMMER, H. & REICHMUTH, C. - 1980. Pheromone der vorratsschädlichen Motten (Phycitinae, speziell Mehlmotte *Ephestia kuehniella* ZELLER) in der biologischen Schädlingsbekämpfung. Komm. P. Parey Berlin Hambourg, 198, 115 p..
- BRADLEY, W.J. - 1941. Methods of Breeding *Chelonus annulipes* on the Mediterranean Flour Moth for use against the European Corn Borer. U.S. Dept. Agr. Circular 616, 22 p.
- BRINDLEY, T.A. - 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. America, 23, 740-757.

- CARVALHO, J.P. - 1963. Contribuição do método radiográfico para o estudo da *Sitotroga cerealella* OLIV. (*Lepidoptera, Gelechiidae*). Junta de Investigações do Ultramar, Lisboa, 109, 173 p.
- CIOCHIA, V. - 1982. Tehnologia cresterii semiindustriale a entomofagului *Trichogramma evanescens* WESTW. in vederea utilizarii acestuia in limitarea populatiilor unor daunatori ai sfeclei de zahar din Romania. I. Organizarea si tehnologia de crestere in masa a suportului de parazitare-molia fainii (*Ephestia kuehniella* ZELL. *Lepidoptera*). Lucrarile Stiintifice I.C.P.C.I.S.Z.S.D., Fundulea (sous presse).
- DAUMAL, J., VOEGELE, J. & BRUN, P. - 1975. Les Trichogrammes. II. Unité de production massive et quotidienne d'un hôte de substitution *Ephestia kuehniella* ZELL. (*Lepidoptera, Pyralidae*). Ann.Zool.Ecol.anim., 7 (1), 45-59.
- DYSART, R.J.- 1973. The use of *Trichogramma* in the U.S.S.R.. Proc. Tall. Timbers Conf. Ecol. Anim. Control Habitat Management, 4, 165-173.
- FERREIRA, L., PINTUREAU, B. & VOEGELE, J.- 1979. Un nouveau type d'olfactomètre. Application à la mesure de la capacité de recherche et à la localisation des substances attractives de l'hôte chez les Trichogrammes (Hym. *Trichogrammatidae*). Ann. Zool. Ecol. anim., 11 (2), 271-279.
- FERREIRA, L. - 1980. *Mythimna unipuncta* HAW. (*Lepidoptera, Noctuidae*). Recherche d'un Trichogramme (*Hymenoptera, Trichogrammatidae*) adapté à cet hôte. Thèse du 3ème cycle U.E.R. St Jérôme, Marseille, 117 p..
- FLANDERS, S.E. - 1930. Mass production of egg parasites of the genus *Trichogramma*. Hilgardia, 4, 465-501.
- GARCIA, V. & TAVARES, J. - 1977. Ecologia e métodos de combate à "Lagarta das pastagens" *Mythimna (=Cirphis) unipuncta* HAW. (*Lepidoptera, Noctuidae*) Relatorio e comunicações do Instituto Universitario dos Açores, 2, 28 p.
- GERMANOV, A. & BAROV, V. - 1980. On fast method for producing grain moth eggs. Horticultural and Viticultural Science, 17, 7-8, 74-79.
- GRASSE, P. - 1951. Traité de Zoologie. MASSON & Cie Paris, 10.
- GRIMM, M. & LAUWRENCE, P.J. - 1975. Biological control of insectes on the Ord. I. Production of *Sitotroga cerealella* for mass rearing of *Trichogramma* wasps.. J. Agric. Dep. Western Australia, 12, 90-92.
- HARRIS, T.W. - 1862. A treatise on some of the insects injurious to vegetation. (in MILLS, 1964).
- HASSAN, S.A. - 1981. Massenproduktion und anwendung von *Trichogramma*. I. Produktion des wirtes *Sitotroga cerealella*. Entomophaga, 20 (4), 339-348.
- HEINRICH, C. - 1956. American moths of the subfamily *Phycitinae*. U.S. Nat. Mus., Bull. 207, 298 p.
- IMMS, A.D. - 1960. A general textbook of Entomology. Methuen & Co., Ltd., Londres.
- KING, J.C. - 1918. "Notes on the biology of the Angoumois grain moth, *Sitotroga cerealella* OLIV.". Jour. Econ. Ent. Concord. N. H., 11, 1, 87-93.

- LEBEDEV, G.I. - 1970. Utilisation des méthodes biologiques de lutte contre les insectes nuisibles et les mauvaises herbes en Union Soviétique. Ann. Zool. Ecol. Anim., 3, 17-23.
- MILLS, R.B. - 1964. Laboratory studies of the biology and behavior of the Angoumois grain moth *Sitotroga cerealella* OLIV.. Inc. Ann. Arbo., London.
- MORRISON, R.K. & HOFFMAN, J.D. - 1976. An improved method for rearing the Angoumois grain moth. U.S.D.A., ARS-S-104, 5p.
- NEUBECKER, F. - 1967. Beitrag zur Technik der Massenzucht der Getreidemotte *Sitotroga cerealella* OLIV.. Anz. Schädlingskde., 40, 104-110.
- NEUFFER, G. - 1971. Zur Technik in der Massenzucht der Getreidemotte *Sitotroga cerealella* OLIV. im Insektarium. Anz. Schädlingskde., 44, 19-21.
- NICOLAS GONZALEZ, A. - 1966. Influencia de la alimentación sobre el ciclo y longevidad de *Anagasta kuehniella* ZELLER. P. Inst. Biol. Aph., 40, 5-28.
- NORRIS, M.J. - 1932. Contribution towards the Study of Insect Fertility. I. The Structure and Operation of the Reproductive Organs of the Genera *Ephestia* and *Plodia* (Lepidoptera, Phycitidae). Proc. Zool. Soc., London, 27, 595-611.
- PINTUREAU, B. & BABAULT, M. - 1980. Comparaison des estérases chez 19 souches de *Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae) appartenant au groupe d'espèces *evanescens*. Ach. Zool. Exp. Genet. 121, 4, 249-260.
- RACCAUD-SCHOELLER - 1980. Les Insectes - Physiologie - Développement. MASSON Ed., 296 p.
- REAUMUR - 1734. Mémoire pour servir à l'histoire des insectes. Imprimerie Royale, Paris, 2.
- ROESLER, U. - 1965. Untersuchungen über die Systematik und Chorologie des *Homoesoma-Ephestia* Komplexes (Lepidoptera, Phycitidae). Thèse Doct. Faculté Math. et Sc. Nat. de Sarrebrück, 266 p..
- SIDDIQUI, W.H. & BARLOW, C.A. - 1973. Population growth of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera, Pyralidae) at constant and alternating temperatures. Ann. entom. Soc. Amer., 66, 3, 579-585.
- SIMMONS, P. & ELLINGTON, G.W. - 1932. "A biography of the Angoumois grain moth". Ann. Ent. Soc. Amer., 25, 2, 265-281.
- STEIN, W. - 1960. Versuche zur biologischen Bekämpfung des Apfelwicklers (*Carpocapsa pomonella* L.) Eiparasiten der Gattung *Trichogramma*. Entomophaga, 5, 237-259.
- STOCKEL, J. & TURTAUT, P. - 1970. Technique d'élevage pour une obtention massive d'adultes vierges de l'Alucite des céréales *S. cerealella* (Lépidoptère Gelechiidae). Phytoma. 219, 17-20.
- 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 de Tours, 171 p.

- STOCKEL, J. - 1981. Influence d'extraits aromatiques de grains de maïs sur l'activité reproductrice de l'Alucite des céréales *Sitotroga cerealella* (Lépidoptère *Gelechiidae*) en conditions naturelles. C.R. Acad. Sc. Paris, 292, 343-346.
- STRONG, R.G., PARTIDA, G.J. & WARNER, D.N. - 1968. Rearing stored products insects for laboratory studies : six species of Moth. J. Econ. Entom., 61, 5, 1237-1249.
- VANCE, A.M. - 1932. The biology and morphology of the Braconid *Chelonus annulipes* WESM. a parasite of the European corn borer. U.S.D.A. Tech. Bull. 294, 48p.
- VOEGELE, J. - 1973. Compte rendu d'une mission d'étude en U.R.S.S. sur les Trichogrammes et sur les possibilités d'une coopération de recherches scientifiques avec établissement de conventions entre la Station de Lutte Biologique d'Antibes et le V.I.Z.R. de Léningrad. Stat. Zool. et Lutte Biol. Antibes, 27 p.
- VOEGELE, J., DAUMAL, J., BRUN, P. & ONILLON, J. - 1974. Les Trichogrammes. III. Action du traitement au froid et aux Ultraviolets de l'oeuf d'*Ephestia kuehniella* ZELL. (*Pyralidae*) sur la fertilité de *Trichogramma evanescens* WESTW. et *T. brasiliensis* ASHM. (Hym., *Trichogrammatidae*). Entomophaga, 19, 3, 341-348.
- VOEGELE, J. & BERGE, J. - 1976. Les Trichogrammes (Insectes hyménoptères, Chalcidiens, *Trichogrammatidae*), caractéristiques isoestérasiques de deux espèces : *Trichogramma evanescens* WESTWOOD et *T. achaeae* NAGARAJA, NAGARKATTI. C.R. Acad. Sc. Paris, série D, 283, 1501-1503.
- YAMVRIAS, C. - 1962. Contribution à l'étude du mode d'action de *Bacillus thuringiensis* BERLINER vis-à-vis de la Teigne de la farine : *Anagasta kuehniella* Z. (Lépidoptère). Entomophaga, 7, 101-159.
- ZELLER, H. - 1879. *Ephestia kuehniella* n. sp.. Entomologische Zeitschr., 40, 466.