



**Influence de la température sur quatre espèces de trichogrammes (Hym. Trichogrammatidae) parasites de la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* Hubn. (Lep. Pyralidae). II. - Reproduction et survie**

Jacqueline Russo, Jean Voegelé

► **To cite this version:**

Jacqueline Russo, Jean Voegelé. Influence de la température sur quatre espèces de trichogrammes (Hym. Trichogrammatidae) parasites de la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* Hubn. (Lep. Pyralidae). II. - Reproduction et survie. *Agronomie*, 1982, 2 (6), pp.517-524. <hal-00884412>

**HAL Id: hal-00884412**

**<https://hal.science/hal-00884412v1>**

Submitted on 11 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# Influence de la température sur quatre espèces de trichogrammes (Hym. *Trichogrammatidae*) parasites de la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* Hubn. (Lep. *Pyralidae*). II. - Reproduction et survie

Jacqueline RUSSO \* & Jean VOEGELÉ \*\*

\* Le Ronsard, 33, bd Général-Delfino, 06000 Nice.

\*\* I.N.R.A., Station de Zoologie et de Lutte biologique, 37, boulevard du Cap, F 06602 Antibes.

## RÉSUMÉ

Hyménoptère,  
Trichogrammatidae,  
Trichogramma,  
T. maidis,  
T. nubilale,  
T. rhenana,  
T. schuberti,  
Parasitisme,  
Taux de survie,  
Indice biologique,  
Seuil de prolifération,  
*Ostrinia nubilalis*,  
Température.

L'étude de l'influence des conditions thermiques de développement sur la vitalité des imagos appartenant à 4 espèces de trichogrammes, *Trichogramma nubilale* Ertle & Davis, *T. maidis* Pintureau & Voegelé, *T. rhenana* Voegelé & Russo et *T. schuberti* Voegelé & Russo parasites de la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* Hubn., s'inscrit dans un programme de lutte biologique basée sur l'élevage massif d'insectes prolifiques.

La fécondité en fonction du développement a été étudiée pour chaque espèce à diverses températures comprises entre 11 et 34 °C. Un indice biologique, calculé à l'aide de l'ensemble des facteurs biologiques impliqués dans la reproduction, marque les limites des températures constantes entre lesquelles une espèce peut se reproduire. Sauf pour *T. nubilale*, les valeurs thermiques données par cet indice coïncident avec les seuils de prolifération inférieur et supérieur, calculés d'après la durée de développement. On met ainsi en évidence deux groupes d'espèces, caractérisés par l'identité ou la différence de sensibilité thermique entre les stades préimaginaux et l'adulte.

Différentes expériences permettent de mieux cerner les conditions d'élevage les plus favorables à l'expression des caractères biologiques chez l'adulte.

## SUMMARY

Hymenoptera,  
Trichogrammatidae,  
Trichogramma,  
T. maidis,  
T. nubilale,  
T. rhenana,  
T. schuberti,  
Parasitism,  
Amount of survey,  
Biological index,  
Proliferation threshold,  
*Ostrinia nubilalis*,  
Temperature.

*Effect of temperature on four Trichogramma species (Hym. Trichogrammatidae) parasites of the European corn borer, Ostrinia nubilalis Hubn. (Lep. Pyralidae). II. - Reproduction and survival time*

The vitality of adults of four *Trichogramma* species, *Trichogramma nubilale* Ertle & Davis, *T. maidis* Pintureau & Voegelé, *T. rhenana* Voegelé & Russo and *T. schuberti* Voegelé & Russo, parasites of the European Corn Borer, *Ostrinia nubilalis* Hubn., was studied in relation to temperature as part of a biological control programme founded on mass rearing of prolific insects.

For each species, the fecundity was studied at different temperatures ranging from 11 to 34 °C. A biological index calculated from all reproductive factors showed the range of constant temperatures suitable for the reproduction of each species. Except for *T. nubilale*, the values of this index coincide with the lower and upper proliferation thresholds, established on the basis of developmental time.

We define the existence of two groups of species: in one the temperature sensibilities are the same in the preimaginal and in the adult stage; in the other, they are different.

Different experiments were used to establish the rearing temperature conditions for optimum expression of adult biological characters.

## I. INTRODUCTION

A la suite d'un premier travail (RUSSO & VOEGELÉ, 1982) où nous avons montré les modifications induites par la température sur le développement de 4 espèces de trichogrammes *Trichogramma nubilale* Ertle & Davis, *T. maidis* Pintureau & Voegelé, *T. rhenana* Voegelé & Russo, *T. schuberti* Voegelé & Russo, il nous a paru utile d'exami-

ner les relations existant entre la température d'élevage et les différents caractères physiologiques des adultes, en particulier la reproduction et le taux de survie.

De telles répercussions des conditions thermiques pré-imaginales sur l'adulte ont été déjà bien étudiées chez un certain nombre d'insectes, notamment chez la drosophile (LINTS, 1963 ; DAVID & CLAVEL, 1969 ; DAVID & COHET, 1971 ; COHET, 1973). En ce qui concerne les trichogram-

mes, les travaux réalisés sur ce thème sont par contre peu nombreux et très fragmentaires ; citons : LUND, 1934 ; AFANASSIEVA, 1940 ; TELENGA, 1959 ; QUEDNAU, 1957 ; SCHEPETILNIKOVA, 1970 ; BRENIERE, 1962.

Il est certain, que la connaissance des conditions thermiques optimales de multiplication de ces oophages, trouve une application de portée économique considérable. Ces parasitoïdes sont en effet utilisés en lutte biologique sous la forme de lâchers inondatifs et saisonniers sur plus de 11 millions d'ha à l'échelle mondiale.

## II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### A. Matériel

Les espèces étudiées ont été trouvées à l'origine (RUSSO, 1980) sur des pontes d'*Ostrinia nubilalis* Hubn. (Lep. *Pyralidae*) et sont élevées sur un hôte de substitution *Anagasta kuehniella* Zell (Lep. *Pyralidae*). Il s'agit de *T. maidis* (PINTUREAU & VOEGELÉ, 1980) originaire d'U.R.S.S., de *T. rhenana* (VOEGELÉ & RUSSO, 1981), originaire d'Alsace appartenant au groupe *Evanescens*, de *T. schuberti* (VOEGELÉ & RUSSO, 1981) originaire d'Alsace, groupe *Minutum* et de *T. nubilale* (ERTLE & DAVIS, 1974) originaire des U.S.A., groupe *Chilonis*.

### B. Méthodes

#### 1. Nous avons réalisé 3 types d'essais :

— Dans le 1<sup>er</sup>, nous avons tenté de déterminer les limites thermiques entre lesquelles une espèce peut se reproduire. Les individus sont soumis à des températures constantes durant la vie préimaginaire et imaginaire. Nous avons testé les températures suivantes : 11-12-13-14-15-16-16,5-20-25-30-32-33-34 °C. Pour chaque espèce, les températures inférieures et supérieures sont compatibles avec un développement complet.

— Dans le 2<sup>e</sup>, nous avons voulu cerner la température d'élevage capable d'assurer une ponte optimale. Les individus élevés dans la gamme des températures précédentes sont transférés, quelques heures après l'émergence, à 20 et 25 °C, afin d'évaluer les séquelles consécutives à ce traitement sur la ponte et les potentialités de récupération des individus.

— Enfin, dans le dernier essai, nous avons tenu à vérifier si la meilleure capacité reproductrice obtenue dans des conditions thermiques favorables, se maintenait dans des conditions thermiques moins propices. Les individus élevés à l'une des températures suivantes : 15-20-25-30 °C sont, après émergence, répartis pour la ponte à chacune de ces 4 températures.

Pour chacun des 3 essais et chacune des espèces le protocole expérimental fut le suivant :

— Une dizaine de femelles âgées de moins de 24 h et nourries de miel pondent, durant 1/2 h, sur des œufs d'*A. kuehniella* passés aux ultra-violets pour tuer l'embryon et collés sur une plaquette de carton.

— Ces œufs fraîchement parasités sont mis en incubation aux températures citées précédemment et allant de 11 à 34 °C.

— Peu après l'émergence (2 h), chaque femelle est placée dans un tube de verre, avec une goutte de miel et 200 œufs hôtes. Le tube reste à la température de développement (1<sup>er</sup> essai) ou bien est transféré à la nouvelle température expérimentale (2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> essais) pour l'étude de la fécondité.

Nous apprécierons la fécondité moyenne d'une femelle par le total des œufs hôtes parasités au cours de la 1<sup>re</sup> semaine de ponte seulement, période durant laquelle la grande majorité des individus restent vivants et la presque totalité des œufs sont pondus.

Pour chaque température testée, 30 répétitions ont été effectuées et la descendance mâle et femelle de chacune des 30 femelles a été dénombrée. Le 7<sup>e</sup> jour après l'émergence, la femelle morte ou vivante est retirée ; le nombre d'œufs parasités ainsi que le pourcentage d'émergence et le taux sexuel (exprimé en pourcentage de femelles) des descendants ont été déterminés. Chaque fois que nous parlerons de pourcentage d'émergence et de taux sexuel il s'agit en réalité de pourcentages moyens calculés sur 30 répétitions.

## III. RÉSULTATS

### A. Influence des températures constantes sur la vitalité des imagos

#### 1. Etude de la « fécondité »

Nous avons relevé sur la figure 1 et le tableau 1 le nombre moyen d'œufs parasités et de descendants adultes par femelle.

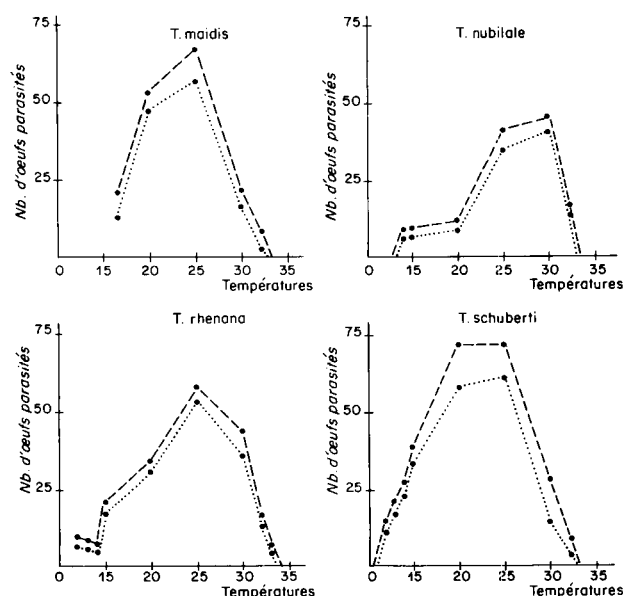


Figure 1

Influence de la température de développement sur le nombre d'œufs parasités en une semaine (---) et sur le nombre de descendants (...). Effect of development temperature on the number of eggs parasitized per week (---) and on the number of progeny (...).

Le palier de chaque courbe de ponte (fig. 1) se situe :

— entre 20 et 25 °C pour *T. maidis* et *T. schuberti* avec un maximum de ponte à 25 °C chez *T. maidis* (moyenne 68 œufs) et à 20 °C-25 °C chez *T. schuberti* (moyenne 72 œufs) (tabl. 1) ;

— entre 25 et 30 °C pour *T. nubilale* et *T. rhenana* avec un maximum de 46 œufs à 30 °C pour *T. nubilale* et un maximum de 58 œufs à 25 °C pour *T. rhenana*. Pratiquement, *T. nubilale* ne produit des œufs que dans cet intervalle de températures déjà élevées.

On voit que le nombre d'imagos obtenus est légèrement inférieur dans tous les cas au nombre d'œufs parasités. Il

TABLEAU 1

Nombre d'œufs parasités par les femelles en une semaine.  
 $\bar{x}$  = moyenne avec son erreur ;  $\sigma$  = écart-type ; c.v. = coefficient de variation ; + = pas d'éclosion.  
 Number of eggs parasitized per week.  
 $\bar{x}$  = mean with its standard error ;  $\sigma$  = standard deviation ; c.v. = coefficient of variation ; + = no emergence.

Température °C	<i>T. maidis</i>			<i>T. nubilale</i>			<i>T. rhenana</i>			<i>T. schuberti</i>		
	$\bar{x}$	$\sigma$	c.v.	$\bar{x}$	$\sigma$	c.v.	$\bar{x}$	$\sigma$	c.v.	$\bar{x}$	$\sigma$	c.v.
11				+			+			0		
12				0			± 9,11 2,22	6,67	4,89	± 14,23 1,22	5,06	1,80
13							± 7,24 0,71	3,57	1,77	± 20,80 1,13	5,77	1,60
14				± 9,50 2,99	8,47	13,32	± 7,50 1,65	3,31	1,46	± 26,55 1,52	8,21	2,54
15	+			± 9,70 2,44	7,74	6,10	± 20,07 1,41	7,47	2,79	± 39,70 1,32	7,25	1,32
16,5	± 21,17 1,45	7,84	2,90									
20	± 53,83 2,85	15,63	4,54	± 12,12 2,24	8,98	6,65	± 33,62 2,54	12,47	4,63	± 72,10 2,37	12,77	2,26
25	± 67,70 4,17	22,86	7,72	± 43,20 3,16	17,33	6,95	± 58,43 3,31	18,17	5,65	± 72,06 3,57	19,58	5,32
30	± 21,47 2,32	10,41	5,07	± 46,10 2,36	10,30	2,30	± 44,34 2,78	14,98	5,05	± 28,86 2,78	13,14	5,98
32	± 9,10 1,88	5,95	3,89	± 18,50 3,43	8,40	3,82	± 16,70 2,30	7,28	3,18	± 9,55 3,85	11,55	13,98
33	+			0			± 6,88 2,05	6,15	5,50	0		
34				0			0			+		

existe donc une mortalité nymphale qui, bien que généralement faible, est sensible à 20 et 25°.

L'étude des variances et des coefficients de variation (tabl. 1) montre qu'aux températures limites, la population peut être considérée comme un ensemble homogène ; la variabilité individuelle augmente au contraire dans les conditions favorables à la ponte.

Les limites thermiques entre lesquelles la reproduction est possible sont plus étroites que celles permettant le développement.

## 2. Etude du taux sexuel (pourcentage de femelles)

On voit (tabl. 2) qu'il y a un net fléchissement du pourcentage de femelles aux températures basses (13 °C) et hautes (30 °C) chez *T. rhenana* et *T. schuberti*. Chez les 2 autres espèces, le pourcentage est à peu près constant.

## 3. Mortalité imaginale

Les 4 espèces présentent une sensibilité différente aux températures (tabl. 3).

Aux températures moyennes situées entre 15 et 25 °C, la

mortalité est très faible, sauf pour *T. nubilale*, qui est très fragile.

Aux basses températures, *T. maidis* est protégée par une diapause induite dès 15 °C et *T. schuberti* peut être considérée comme résistante puisque plus de 50 p. 100 des adultes restent encore vivants à 12 °C. *T. rhenana* et *T. nubilale* sont les espèces les plus sensibles.

Aux températures élevées, l'espèce la plus thermophile est sans contexte *T. rhenana* chez qui quelques individus subsistent encore à 33 °C alors qu'à 32° les 3 autres espèces ne présentent plus aucun survivant.

Ces résultats sont classiques. Il y a réduction de la longévité avec l'accroissement de température, conformément à la théorie « Rate of living » (LINTS, 1963). L'augmentation des dépenses énergétiques use en quelque sorte l'organisme et entraîne une mort précoce. Vers les basses températures, il y a en principe une corrélation positive entre longévité et durée de développement. Nos résultats ne vont pas à l'encontre des faits établis jusqu'à un seuil critique à partir duquel les conditions de vie préimaginales inversent entièrement le rapport entre les 2 variables.

TABLEAU 2

Influence des températures constantes sur le taux sexuel exprimé en pourcentage de femelles ; + = pas d'émergence.  
Effect of constant temperatures on the sex-ratio (per cent females).  
(+ = no emergence).

Température °C	<i>T. maidis</i>	<i>T. nubilale</i>	<i>T. rhenana</i>	<i>T. schuberti</i>
12			46	44
13			58	73
14		81	76	59
15	+	86	70	83
16	79			
16,5	85			
20	84	70	76	88
25	82	75	76	93,9
30	84	71	49	44
32	76	82	29	0
33	+		0	+

TABLEAU 3

Influence des températures constantes sur le pourcentage de mortalité des femelles en une semaine ; + = pas d'émergence.  
Effect of constant temperatures on the percentage of female mortality after seven days (+ = no emergence).

Température °C	<i>T. maidis</i>	<i>T. nubilale</i>	<i>T. rhenana</i>	<i>T. schuberti</i>
11		+	+	100
12		100	100	43,4
13			13,7	13,4
14		25	7,1	0
15	+	27,3	43	12
16	8,4			
16,5	10			
20	0	87,5	7	4
25	10	16,7	0	13,4
30	93,4	95	55	96,7
32	100	100	79	100
33	+	100	91	100
34		100	100	+

Ce seuil se situe immédiatement au-dessus de la température minimale compatible avec l'émergence de l'imago, confirmant ainsi les travaux de DAVID & COHET (1971) sur les drosophiles.

#### 4. Indice biologique

Les limites thermiques entre lesquelles une espèce donnée peut se reproduire coïncident avec l'intervalle de températures autorisant un développement complet. La stérilité absolue ne se manifeste que vers les températures seuils de développement, mais dans des conditions si extrêmes que la pérennité de l'espèce est des plus précaires.

Dans un travail précédent (RUSSO & VOEGELÉ, 1982), nous avons calculé les seuils de prolifération inférieur 0 et supérieur 01 définis par SAVESCU (1965) entre lesquels température de développement et fécondité sont liées par une relation positive. Ils correspondent aux points où les courbes théorique et expérimentale de développement s'écartent l'une de l'autre.

Nous avons donc essayé d'établir un indice biologique (PINTUREAU, comm. pers.) qui nous permettra de vérifier ces seuils de prolifération et d'étayer l'hypothèse formulée dans la 1<sup>re</sup> partie de ce travail, concernant les zones létales et sublétales de développement.

Cet indice intègre le plus grand nombre des facteurs obtenus à températures constantes durant la vie préimaginale et imaginale, c'est-à-dire la fécondité (F), le pourcentage d'émergence (p. 100 E), le taux sexuel ou pourcentage de femelles (T.S.), le pourcentage de femelles mortes le 7<sup>e</sup> jour (p. 100 M) et le pourcentage de femelles stériles (p. 100 St) :

$$I = F + \frac{\% E}{10} + \frac{T.S.}{10} - \left( \frac{\% M}{10} + \frac{\% St}{2} \right).$$

Cet indice, établi de façon empirique, est équilibré de telle manière que la résultante de tous les facteurs exprime avec assez de précision la descendance d'une femelle. Les pourcentages sont divisés par 10 ou par 2 pour tempérer leur importance par rapport à la fécondité. Nous savons que chez *Drosophila melanogaster* la durée de ponte augmente lorsque la température diminue (DAVID & CLAVEL, 1969). De même chez les trichogrammes, aux températures basses, les femelles peuvent encore déposer un nombre non négligeable d'œufs après la 1<sup>re</sup> semaine de ponte. L'indice est dans ce cas légèrement sous-estimé mais il reste très adéquat pour déterminer les limites thermiques entre lesquelles une espèce peut réellement se développer, un indice négatif indiquant une très mauvaise vitalité (tabl. 4).

L'analyse du tableau 4 montre que *T. maidis* est plutôt sténotherme et ne prolifère qu'entre 16 °C et en dessous de 30 °C, limites assez proches de la théorie puisque 0 = 15,28 et 01 = 30. Elle se multiplie activement vers 25 °C et son taux de prolifération est alors supérieur ou équivalent à celui des autres espèces. Entre ces limites de développement étroites, aucun phénomène de stérilité n'est observé. Il faut cependant noter qu'en dessous de 16 °C, cette espèce présente une adaptation aux basses températures sous la forme d'une diapause à l'état prénympal qui lui permet de résister aux hivers longs et rigoureux.

— *T. nubilale*, très peu féconde, est sensible aux basses températures et ne peut se reproduire qu'au-dessus de 20 °C ; il faudrait donc décaler la limite inférieure de prolifération 0 = 14,7 °C vers les températures plus élevées. *T. nubilale* n'est vraiment prolifique qu'aux températures chaudes et atteint son maximum à 25 °C.

TABLEAU 4

Variation de l'indice biologique I des femelles en fonction de leur température de développement ; + = pas d'émergence.

Variation of the biological index I of the females according to their development temperature (+ = no emergence).

Température °C	<i>T. maidis</i>	<i>T. nubilale</i>	<i>T. rhenana</i>	<i>T. schuberti</i>
11		+	+	
12			- 47,94	- 15,40
13			8,99	23,43
14		- 11,05	13,66	40,75
15	+	- 17,42	10,82	48,11
16,5	5,85			
20	66,37	- 35,13	41,13	86,97
25	81,77	50,67	72,83	81,93
30	- 24,06	15,02	74,62	- 23,22
32	- 48,92	- 45,64	- 33,49	- 61,80
33	+		- 39,88	

Le nombre d'œufs parasités est maximum à 30 °C, mais si l'on tient compte des divers caractères, en relation avec la fécondité et dont les effets s'ajoutent, cette température apparaît trop élevée pour un élevage continu. Remarquons toutefois que la mortalité larvo-nymphe (1<sup>re</sup> partie), assez faible à haute température, laissait prévoir une bonne résistance des adultes à la chaleur.

Cette étude permet de séparer biologiquement les souches alsaciennes l'une de l'autre. Alors que le développement des 2 espèces est semblable, les températures favorables pour l'expression des caractères biologiques de l'adulte sont différentes.

— *T. rhenana* est plutôt thermophile puisque sa multiplication, possible de 13 °C à 32 °C, atteint un maximum à 25 °C et 30 °C. Ces limites thermiques coïncident avec les seuils théoriques de prolifération inférieur (0 = 13,9 °C) et supérieur (01 = 30 °C), évalués grâce à la durée de développement. Mais les basses températures permettent chez *T. rhenana* l'apparition d'imagos dont le nombre de descendants est considérablement diminué. Cette espèce se caractérise, comme *T. nubilale*, par une incapacité intrinsèque à pondre un grand nombre d'œufs et sa vitalité est très faible dès lors que les conditions deviennent difficiles. Il faut donc considérer l'optimum thermique des adultes comme sensiblement plus élevé que celui des larves.

— *T. schuberti* tolère une très grande gamme de températures et garde un potentiel de reproduction élevé entre 13 °C et presque 30 °C avec un seuil inférieur de prolifération de 13,9 °C et un seuil de prolifération supérieur de 30 °C. Elle est sensible à la chaleur et très résistante au froid. Sa descendance est importante et sa capacité de ponte, maximum d'après l'indice à 20 °C, est excellente également à 25 °C.

## B. Influence de la température régnant aux stades pré-imaginaux sur la vitalité des imagos

### 1. Développement à des températures sous et sus-optimales, ponte aux températures optimales

Les trichogrammes qui se sont développés à des températures allant de 11 à 34 °C sont transférés quelques heures après l'émergence à 20 et 25 °C.

#### a) Etude de la fécondité

Les résultats, en partie groupés sur la figure 2, montrent un certain nombre de faits intéressants :

— Les températures-seuils, permettant le développement de l'œuf jusqu'à l'émergence, déterminent une stérilité irréversible.

— Les températures optimales (entre 20 et 25 °C pour *T. maidis* et *T. schuberti*, 25 et 30 °C pour *T. rhenana* et *T. nubilale*), révélées dans l'essai précédent, restent toujours les plus favorables dans cette expérience.

— Dans tous les cas, la fécondité des adultes est affectée par les conditions de développement. Les modifications induites pour la température sur la fonction ovarienne sont définitives et le transfert des femelles à leur température optimale se traduit par une restauration seulement partielle de la fécondité.

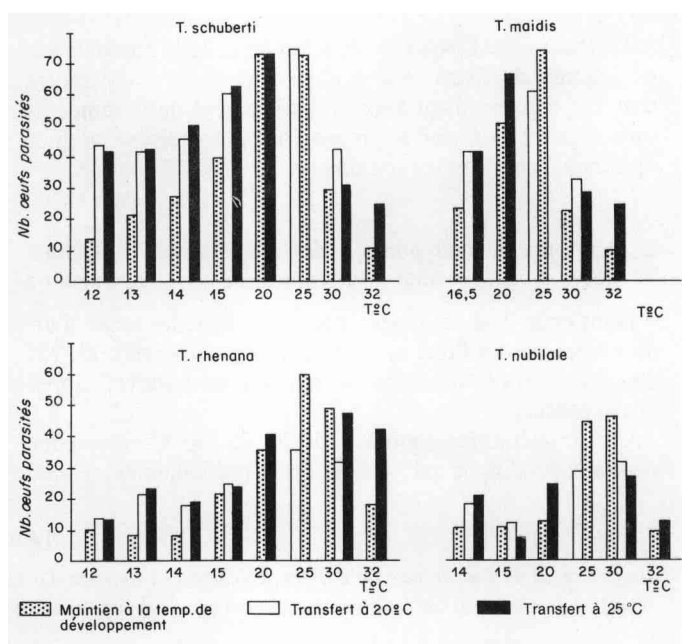


Figure 2

Influence de la température de développement sur le nombre d'œufs parasités en une semaine, lorsque les femelles sont maintenues à la température de développement, ou transférées après émergence à 20 et 25 °C.

Effect of development temperature on the number of parasitized eggs when females are maintained at the development temperature, or transferred after emergence to 20 and 25 °C.

— Les préférences thermiques des espèces s'affirment. Pour *T. maidis* et *T. schuberti*, ce sont les femelles issues d'une température inférieure à 20-25 °C qui récupèrent le mieux leur fécondité ; pour *T. rhenana*, les températures sus-optimales sont moins néfastes que les températures sous-optimales ; enfin, les exigences thermiques du stade imaginal chez *T. nubilale* sont strictes : développement et ponte entre 25 et 30 °C.

### b) Etude de la mortalité

La mortalité des femelles élevées dans des conditions de très basse température (12 ou 13 °C) n'est guère diminuée par le transfert à 20 ou 25 °C ; elle est même parfois augmentée. Ainsi la mortalité de *T. schuberti* en élevage continu à 12, 13 et 14 °C est de 43,4, 13,4 et 0 p. 100 ; elle passe à 47, 21,5 et 13 p. 100 après exposition des femelles à 20 °C et à 69, 47 et 10 p. 100 après exposition à 25 °C.

La mortalité de *T. rhenana*, égale à 13,7 p. 100 en élevage continu à 13 °C, passe à 38 p. 100 et 90 p. 100 lors du transfert des femelles à 20 et 25 °C ; la mortalité de cette même espèce, égale à 7,1 p. 100 à 14 °C, passe à 86 p. 100 à 25 °C.

Il en est de même pour *T. nubilale* dont la mortalité, égale à 25 p. 100 en élevage continu à 14 °C, passe à 46,8 p. 100 après le transfert à 20 °C et à 100 p. 100 après le transfert à 25 °C.

Par contre le transfert à 20 et 25 °C prolonge la vie des femelles issues d'un élevage à hautes températures. La mortalité des femelles issues d'un élevage à 30° est, à 20 et 25 °C respectivement, de 44,9 et 73,4 p. 100 pour *T. maidis*, 31,6 et 94,7 p. 100 pour *T. nubilale*, 20 et 33,4 p. 100 pour *T. rhenana*, 7,2 et 46,1 p. 100 pour *T. schuberti*. Issues d'un élevage à 32 °C, la mortalité des femelles de *T. maidis* est à 25 °C de 78 p. 100, celle de *T. nubilale* de 91 p. 100, celle de *T. rhenana* et de *T. schuberti* respectivement de 16 p. 100 et 86,7 p. 100.

La théorie de LINTS (1963), selon laquelle la durée de vie de l'imago de *Drosophila* à n'importe quelle température diminue régulièrement avec l'accroissement de la température régnant aux stades préimaginaux, semble se vérifier également chez les trichogrammes.

### 2. Développement et ponte à des températures différentes situées dans la « zone préférentielle de développement »

Dans cette 2<sup>e</sup> série d'expériences, des femelles issues d'un développement à l'une des températures suivantes : 15, 20, 25, 30 °C sont réparties à ces 4 températures, après l'émersion.

Les températures choisies, 15, 20, 25, 30 °C correspondent aux conditions qui, lors des essais préliminaires, se sont

avérées favorables à un développement complet : vitesse qui s'accroît de manière régulière avec la température et mortalité préimaginale limitée.

Ainsi, des femelles élevées du stade œuf au stade imago à 15 °C, sont réparties aux 4 températures expérimentales pour la ponte, et ainsi de suite, en remontant la gamme des températures ; toutes les combinaisons possibles ont été testées, c'est-à-dire 16 combinaisons par souches (tabl. 5).

### a) Etude de la fécondité

+ Le lot des femelles élevées à 15 °C se divise en 2 groupes :

— *T. rhenana* et *T. nubilale*, très sensibles aux basses températures et qui ne peuvent pas pondre un grand nombre d'œufs même ramenées à leurs températures favorables.

— *T. schuberti* et *T. maidis*, pour qui la ponte est doublée dès qu'elles sont transférées à 20 et 25 °C.

Le développement à 30 °C réduit considérablement le nombre de descendants produits par *T. maidis* et *T. schuberti*, quelle que soit la température régnant au stade imaginal. Ces résultats proviennent aussi d'une mortalité accrue des femelles issues de cette température. Théoriquement, si la longévité augmente à une température inférieure, les femelles devraient pouvoir pondre un plus grand nombre d'œufs ramenées aux températures favorables ; or il n'en est rien. La plus grande longévité (tabl. 6) ne contrebalance pas l'effet de la température sur la fécondité.

+ Enfin les performances des femelles *T. maidis* et *T. schuberti*, élevées dans des conditions favorables (c'est-à-dire entre 25 et 30 °C), sont toujours supérieures, quelle que soit la température à laquelle elles sont placées au stade imaginal, à celles des femelles provenant de 15 et 30 °C.

Il apparaît comme probable qu'un développement à une température optimale prédispose les imagos vigoureux à une bonne résistance aux fluctuations défavorables du milieu. Par contre, un développement dans des conditions néfastes donne naissance à des imagos physiologiquement amoindris, sensibles à tout changement, si peu important soit-il, du milieu et dont la déficience métabolique est seulement compensée par un retour à la température optimale.

TABLEAU 5

Influence de la température de développement sur le nombre d'œufs parasités par les femelles à 4 températures régnant au stade imaginal.  
Effect of development temperature on the number of eggs parasitized by females exposed to four different temperatures during the imaginal stage.

Souches	t de développement 15 °C <sup>(1)</sup>				t de développement 20 °C				t de développement 25 °C				t de développement 30 °C			
	t de ponte <sup>(1)</sup>				t de ponte				t de ponte				t de ponte			
	15	20	25	30	15	20	25	30	15	20	25	30	15	20	25	30
<i>T. maidis</i>	23,5	41,2	41,7	45,2	46,5	47,8	65,4	68,7	29,1	60,0	72,8	34,5	12,9	31,9	27,2	22,2
<i>T. nubilale</i>	9,7	11	6,2	11,6	16,6	12,1	23,6	25,3	23,7	28,2	43,2	40,7	15,1	31,5	27,3	46,1
<i>T. rhenana</i>	21,1	24,7	22,5	27,8	23,3	34,7	39,1	27,6	39,9	35,2	59,7	36,4	23,5	31	46,6	48,7
<i>T. schuberti</i>	38,1	62,3	63,7	23,4	42,2	75,3	77,3	56,7	60,7	76,1	73,1	65,6	38,0	44,4	33,5	28,4

<sup>(1)</sup> Pour *T. maidis* lire 16,5 °C à la place de 15 °C à la fois pour la température de développement et pour la température de ponte.

<sup>(1)</sup> For *T. maidis*, read 16.5 °C instead of 15 °C for development temperature and egg-laying temperature.

TABLEAU 6

*Influence de la température de développement sur le p. 100 de mortalité des femelles le 7<sup>e</sup> jour, à 4 températures régnant au stade imaginal.*  
*Effect of development temperature on the mortality of females (after one week), reared at 4 different temperatures during their imaginal life.*

Souches	t de développement 15 °C <sup>(1)</sup>				t de développement 20 °C				t de développement 25 °C				t de développement 30 °C			
	t de ponte <sup>(1)</sup>				t de ponte				t de ponte				t de ponte			
	15	20	25	30	15	20	25	30	15	20	25	30	15	20	25	30
<i>T. maidis</i>	10	0	16,7	96,7	3,4	3,4	20	18,6	3,4	16,7	10	86,7	60	44,9	73,4	93,4
<i>T. nubilale</i>	27,3	3,6	90	100	21,75	87,5	90	100	50	13,4	16,7	89,7	26,3	31,6	94,7	94,7
<i>T. rhenana</i>	43,4	46,7	82,4	100	90	7	24,5	90	0	0	0	83,4	10	20	33,4	55
<i>T. schuberti</i>	12	17,5	22,3	93,4	0	3,6	6,7	73,4	0	0	13,4	30	30,5	7,2	46,7	96,7

<sup>(1)</sup> Pour *T. maidis* lire 16,5 °C à la place de 15 °C à la fois pour la température de développement et pour la température de ponte.

<sup>(1)</sup> For *T. maidis*, read 16.5 °C instead of 15 °C for development temperature and egg-laying temperature.

#### b) Etude de la mortalité

Les pourcentages de mortalité le 7<sup>e</sup> jour de *T. maidis* et de *T. schuberti* (tabl. 6), nous indiquent que :

— Les lots élevés à 15 °C ne montrent pas une tolérance renforcée vis-à-vis du froid mais le supportent mieux que les lots élevés à 30 °C.

— Les lots élevés à 30 °C ne résistent pas mieux à la chaleur que les lots élevés à 15 °C.

— Le taux de mortalité de ces espèces, quelle que soit la température régnant au stade imaginal, est toujours plus bas lorsque le développement a eu lieu à 20 ou 25 °C. Ceci corrobore la notion d'optimum thermique de ces espèces ; la meilleure fécondité s'accompagne d'un taux de survie plus élevé.

Les irrégularités observées dans les données concernant *T. rhenana* et *T. nubilale* en rendent l'interprétation plus difficile.

On peut cependant noter que la plus faible mortalité pour *T. rhenana* est enregistrée lorsque le développement a eu lieu à 25 et 30 °C. Ceci peut être considéré comme l'indice d'une meilleure capacité adaptative aux variations de température.

Enfin, nous voyons que *T. nubilale* accuse toujours une mortalité assez forte. La vitalité des femelles est très réduite et la marge de température tolérée par l'espèce, autour de 25 °C, reste très étroite.

Ces remarques viennent appuyer les conclusions tirées des expériences précédentes concernant les températures les plus favorables à l'élevage de ces espèces. Hormis quelques exceptions, ces résultats vérifient le 2<sup>e</sup> volet de la théorie de LINTS (1963) selon laquelle, pour une température donnée régnant aux stades préimaginaux, l'accroissement de la durée de vie est en corrélation étroite avec une diminution de la température régnant au stade imaginal. Le travail de BENOIT (1977) corrobore ces données ; *T. maidis*, élevé à 20 °C en présence d'œufs hôtes et de nourriture, vit 11 j à 34 °C, 15 j à 30 °C, 25 j à 25 °C, 29 j à 20 °C.

#### IV. CONCLUSION

Ce travail a été réalisé dans le but de rechercher les conditions thermiques les plus favorables à la production de

trichogrammes particulièrement féconds et susceptibles de réduire les populations de la pyrale du maïs en dessous du seuil de nuisibilité économique.

L'élevage des insectes à une température constante durant la vie préimaginale et imaginale a permis de cerner, à l'aide d'un indice biologique, les limites thermiques entre lesquelles une espèce peut se reproduire. Cet indice, qui tient compte de tous les caractères en relation avec la fécondité, coïncide, sauf pour *T. nubilale*, avec les seuils de prolifération (SAVESCU, 1965) calculés d'après la durée de développement. On peut distinguer 2 cas :

— les stades préimaginaux et l'adulte ont la même tolérance thermique, ce qui contribue à une bonne vitalité des individus. Ainsi *T. maidis* et *T. schuberti* sont très prolifiques ;

— la sensibilité thermique des larves est différente de celle des adultes. Le développement de *T. nubilale* et *T. rhenana* peut se faire à basses températures mais les adultes présentent des signes de vitalité réduite et leur nombre de descendants est considérablement diminué.

Le transfert des femelles à une température de ponte différant de l'environnement thermique préimaginal montre que la fécondité est toujours affectée par des conditions de développement sous ou sus-optimales. Inversement, les insectes élevés à une température favorable sont vigoureux et conservent un bon potentiel reproducteur, même dans des conditions thermiques critiques.

Des souches suffisamment prolifiques, comme *T. maidis* et *T. schuberti*, élevées dans des conditions favorables, présentent des possibilités écologiques multiples qui leur permettent de s'adapter aux conditions changeantes du milieu, dans tous les territoires géographiques actuellement traités biologiquement (Alsace, Bassin parisien, Massif central).

L'efficacité comparée des différentes espèces étudiées nous amène à choisir la souche moldave dans la lutte biologique sous forme de lâchers massifs. *T. schuberti* est prolifique mais des tests olfactométriques ont montré que les espèces alsaciennes ne sont pas attirées par les pontes de pyrale et doivent être considérées comme des parasites occasionnels de ce ravageur. *T. nubilale* montre une grande sélectivité à l'égard des œufs du ravageur, mais la faible



fécondité des femelles, jointe à une assez stricte thermophilie, ne permet guère d'envisager la multiplication de cette espèce. *T. maidis* par contre présente une forte spécificité vis-à-vis d'*O. nubilalis*, mais il est nécessaire de prendre quelques précautions sur le plan méthodologique en raison du seuil de développement élevé de cette espèce. La poursuite en plein champ du développement de jeunes stades, peut être compromise par une induction de la diapause en conditions climatiques fraîches (température inférieure à 16 °C). Cette diapause ne pouvant être levée que par des températures froides (voisines de 0 °C) (PIZZOL, 1978), les individus meurent avant d'avoir pu achever leur développement. Ce sont les lâchers à l'état imaginal de *T. maidis*, ou à un stade où la diapause ne peut

plus être induite (stades post-larvaires), qui permettront d'obtenir les meilleurs pourcentages de parasitisme.

Il y a lieu cependant de souligner que ces conclusions ne s'appliquent qu'aux trichogrammes dont le développement s'est effectué sur œufs d'*E. kuehniella* et qui proviennent de parents n'ayant pas subi d'arrêt de développement.

On sait en effet que les trichogrammes issus de diapausants ne peuvent plus entrer en diapause (PIZZOL, 1978); certains essais récents nous montrent que le seuil d'induction de la diapause est nettement plus bas chez *T. maidis* élevé sur œufs d'*O. nubilalis*.

Reçu le 20 octobre 1981.

Accepté le 15 février 1982.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Afanassieva O. V., 1940. On the influence of temperature and moisture on sex relations in parasitic Hymenoptera *Trichogramma evanescens* Westw. and *Pteromalus puparum* L. *Doklady Vaskhnil*, 7, 43-48.
- Benoit M., 1977. Etude de l'incidence du vieillissement maternel sur la descendance fille de deux Lépidoptères : *Epichorista ionophela* Meyr. (Tortricidae) et *Ephesia kuehniella* Zell. (Pyrilidae) et de leur parasite oophage : *Trichogramma evanescens* Westw. (*Trichogrammatidae*). Thèse spécialité, Tours, 110 p.
- Breniere J., 1962. Les trichogrammes parasites des œufs des borers de la canne à sucre à Madagascar. Etude comparée de plusieurs espèces de trichogrammes. *Trichogramma australicum* Gir., *Trichogramma minutum*, *T. fasciatum* Perk. *Bull. Inst. Rech. Agr. Madagascar*, 7 (3), 46 p.
- Cohet Y., 1973. Réduction de la fécondité et du potentiel reproducteur de la *Drosophila* adulte consécutive au développement larvaire à basse température. *C.R. Acad. Sci. Paris, Sér. D*, 277, 2227-2230.
- David J., Clavel M. F., 1969. Influence de la température sur le nombre, le pourcentage d'éclosion et la taille des œufs pondus par *Drosophila melanogaster*. *Ann. Soc. Entomol. Fr. (N.S.)*, 5 (1), 161-177.
- David J., Cohet Y., 1971. Réduction de la longévité de *Drosophiles* adultes par élevage à basse température. *C.R. Acad. Sci., Série D*, 273, 1028-1031.
- Ertle L. R., Davis C. P., 1974. *Trichogramma nubilale* new species (Hymenoptera : Trichogrammatidae), an Egg Parasite of *Ostrinia nubilalis* Hubner. *Ann. entomol. Soc. Am.*, 68 (3), 525-528.
- Lints F. A., 1963. De l'influence de la formule caryo-cytoplasmique et du milieu sur les relations entre longévité et vitesse de croissance chez *Drosophila melanogaster*. *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 97, 605-626.
- Lund H. O., 1934. Some temperature and humidity relations of two races of *Trichogramma minutum* Riley (Hym. Chalcididae). *Ann. entomol. Soc. Am.*, 27, 324-340.
- Pintureau B., Voegelé J., 1980. Une nouvelle espèce proche de *Trichogramma evanescens* Westwood : *T. maidis* (Hym. Trichogrammatidae). *Entomophaga*, 25 (4), 431-440.
- Pizzol J., 1978. La diapause chez *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera Trichogrammatidae), écotype moldave, parasite oophage de la Pyrale du maïs. *Diplôme Ecole Pratique des Hautes Etudes* (3<sup>e</sup> section), Montpellier, 78 p.
- Quednau W., 1957. Der Wert des physiologischen Experimentes für die Artssystematik von *Trichogramma* (Hym. Chalcididae) Ber. *Disch. Entomol. Ges. Berlin*, 100, 87-92.
- Russo J., 1980. Caractérisation de quatre souches de *Trichogrammes*. (Hym. Trichogrammatidae) trouvées sur ponte d'*Ostrinia nubilalis* (Lep. Pyralidae). Thèse 3<sup>e</sup> cycle. Montpellier, 136 p.
- Russo J., Voegelé J., 1982. Influence de la température sur quatre espèces de Trichogrammes (Hym. Trichogrammatidae) parasites de la pyrale du maïs, *Ostrinia nubilalis* (Lep. Pyralidae). I. Développement préimaginal. *Agronomie*, 2 (6), 509-516.
- Savescu A., 1965. Constantele Dezvoltării Insectelor Polivoltine și importanta lor pentru Teoria și practică protectivă Plantelor. *Anal. Sect. Prot. Plant.*, 3, 289-304.
- Schepetilnikova V. A., 1970. La différenciation intraspécifique de *Trichogramma* et la répartition régionale des espèces et des écotypes pour son utilisation efficace dans la lutte biologique. Colloque franco-soviétique sur l'utilisation des entomophages, Antibes 1968. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, n° hors série, 3, 71-76.
- Telenga N. A., 1959. Taxonomical and Ecological Characteristics of species from the genus *Trichogramma* (Hymenoptera, Chalcidoidea). *Trans. I, Int. Conf. ins. Path.*, Praha, 1958, 355-360.
- Voegelé J., Russo J., 1981. Les Trichogrammes. Vc. Découverte en Alsace de deux espèces nouvelles de Trichogrammes *Trichogramma schuberti* et *T. rhenana* (Hym. Trichogrammatidae) sur pontes d'*Ostrinia nubilalis* Hubn. (Lep. Pyralidae). *Ann. Soc. Ent. Fr. (N. S.)* 17 (4) 535-541.