

Déterminisme des éclosions des œufs de *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiff. (Lep., Thaumetopoeidae) dans les reboisements de *Pinus halepensis* Mill. dans l'Atlas saharien algérien

ZAMOUM Mohamed⁽¹⁾, BENSIDI Atia⁽¹⁾,
GUENDOZ Habib⁽²⁾, DEIA Dahman⁽²⁾

⁽¹⁾ Institut National de Recherche Forestière - B.P. 37 Chéraga Alger Algérie - E-mail : mzamoum@yahoo.fr

⁽²⁾ Université de Djelfa Département de Biologie 17 000 Djelfa

ملخص

مدة تفقيص بيض دودة الصنوبر الجرارة (*Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiff.) يمثل أحد العناصر الأساسية لحياة هذا الصنف من الحشرات. في غابات الصنوبر لمنطقة قلت أسطل بحاسي بحبح (الجلفة- الجزائر) قدرت درجة الحرارة اليومية الضرورية لبداية تفقيص البيض ما بين 843 و 946° C : هذا المعدل يختلف من سنة إلى أخرى، في جنوب أوروبا قدر ب 780° C. ارتفاع هذا المعدل في منطقة الجلفة يفسر أساسا لوجود هائل لدرجات الحرارة اليومية المرتفعة والتي تعادل أو تتجاوز 30° C هذه الدرجات تؤدي إلى انخفاض سرعة نمو البيض نسبة الموت الفسيولوجي للبيض التي التقطت في الغابة تتراوح ما بين 6,8% و 10,4% هذا النوع من الموت يتمثل بوجود داخل البيض مكون جاف بلون أصفر برتقالي أو اسود. ولكن موت اليرقات قبل التفقيص من داخل هذه البيض الملتقطة تتراوح نسبتها ما بين 3,8 و 7 . 21% الارتفاع الهائل لمعدل درجة الحرارة اليومية في فصل صيف 2003، أدى إلى الارتفاع نسبة موت البيض.

Résumé

La durée d'incubation des œufs de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiff. est l'un des facteurs les plus déterminants de la survie de cette espèce. Dans les reboisements de Hassi Bahbah (Djelfa-Algérie), le nombre moyen de degré jour nécessaire au début des éclosions des œufs est compris entre 843 et 946 °C et variable d'une année à l'autre. Dans le sud de l'Europe ce nombre n'a été que de 780 °C. Ce nombre moyen élevé dans le cas de la localité de Gueltet Estal, s'explique essentiellement par la fréquence élevée des températures maximales journalières supérieures ou égales à 30 °C. Celles-ci peuvent ralentir le processus de développement embryonnaire.

La mortalité probablement d'ordre physiologique des œufs issus de pontes prélevées dans la nature est comprise entre 6,8 et 10,4 %. Cette mortalité se présente par un vitellus sec de couleur jaune-orangé ou noir. Par contre, la mortalité de chenilles néonates chez ces pontes a été entre 8,3 et 21,7 %. L'augmentation exceptionnelle des températures

moyennes durant la période estivale en 2003 a engendré des taux de mortalité plus élevés.

Mots clés: *Thaumetopoea pityocampa*, accumulation degré-jour, incubation, éclosion des œufs, reboisement, *Pinus halepensis*, semi aride.

INTRODUCTION

Le déterminisme thermique sous jacent à la durée d'incubation des œufs de la chenille processionnaire du pin (CPP), *Thaumetopoea pityocampa* est mal connu dans les conditions particulières des jeunes reboisements à *Pinus halepensis* du "Barrage vert" qui sont situés le long du versant nord de l'Atlas Saharien en Algérie. Cette étude tente de démontrer ce déterminisme et d'estimer le taux de mortalité embryonnaire.

La connaissance de cette durée revêt un intérêt particulier. En effet, du point de vue démécologique elle peut expliquer la mortalité des chenilles néonates: la survie de cette espèce dépend en grande partie de la synchronie entre l'éclosion des chenilles et les conditions écologiques du biotope (Vago, 1958; Demolin et Atger, 1966; Battisti *et al.*, 2005 et 2006). D'autre part, du point de vue économique, la connaissance du nombre de degré jour nécessaire à l'incubation des œufs permet d'optimiser le rendement des traitements contre la CCP dans les reboisements (Zamoum, 1997, 1998 et 2005; Zamoum et Demolin, 2001). Enfin, la connaissance de la vitesse d'incubation des œufs est fondamentale car elle permet de cerner l'écobiologie des différentes espèces du complexe des ooparasitoïdes qui ont une

incidence non négligeable dans la régulation des effectifs de populations de cet insecte ravageur.

1. MATERIEL ET METHODES

1. Lieu d'étude

L'étude a été effectuée dans le reboisement à *P. halepensis* de Gueltet Estal (Hassi Bahbah - Djelfa). Il est situé à une altitude moyenne de 700 mètres ; cette localité, fait partie de l'étagé bioclimatique semi-aride à hiver froid. La processionnaire du pin a une présence abondante dans ce reboisement et fait l'objet de traitements phytosanitaires presque chaque année.

2. Collecte et observation des pontes dans les conditions semi naturelles

L'obtention de pontes datées (D) dans les conditions semi naturelles a consisté à mettre en cage d'élevage les papillons mâles et femelles et, après accouplement, les pontes sont déposés sur les rameaux de pins installés en cage tous les jours de la fin juillet à la mi- août durant le cycle de développement 2001/2002 et 2002/2003. Au total, 44 pontes ont été obtenues au cours de la première année d'élevage et 50 au cours de la seconde. Toutes les pontes, dès leur dépôt ont été mises individuellement dans un tube de verre bouché à ses deux extrémités par du coton et placées, sous un abri extérieur. Les conditions thermiques ont été contrôlées au moyen d'un thermomètre mini-maxi et ce, tout au long de la période s'étalant de la date de dépôts de chacune des pontes jusqu'à la fin de l'éclosion de tous leurs œufs.

Durant la période des éclosions, les chenilles ont été dénombrées tous les jours

et à la même heure du 27/8 au 17/9 en 2002 et du 4/9 au 17/9 en 2003.

Nous avons distingué pour chaque lot de pontes 3 périodes d'éclosion Ec1 correspond au début des éclosions, Ec50 au milieu et Ec100 à la fin des éclosions.

3. Détermination des rythmes annuel d'éclosion de pontes prélevées dans la nature

Afin de comparer d'année en année les variations chronologiques des éclosions, 32 pontes non datées (ND) ont été récoltées, au hasard à Gueltat Estal, respectivement pour les deux cycles de développement étudiés. Les récoltes ont été effectuées le 15/8 pour les deux années. Cette date a été retenue du fait qu'elle correspond à la fin du vol des papillons selon les travaux de Zamoum *et al.*, (2006). Les pontes ainsi prélevées ont été conditionnées sous abri extérieur de la même manière que celles obtenues en cage d'élevage.

4. Estimation de la mortalité des oeufs

L'estimation a porté respectivement sur les œufs de pontes D (N = 7 304 et 8 100 œufs) et ceux issus de pontes ND (N = 5184 et 5 312 œufs) qui ont été conditionnées. L'examen n'a été possible qu'après l'enlèvement des écailles protectrices que la femelle dépose sur les œufs. Cela a permis d'identifier et de dénombrer les œufs éclos, parasités et ceux non éclos, parmi lesquels, après dissection du chorion il a été possible de distinguer les œufs contenant respectivement encore du vitellus (donc un jeune embryon mort), des chenilles mortes ou un parasitoïde mort. Notons que certains

œufs en apparence non éclos présentent un trou latéral de sortie, ce qui signifie qu'ils hébergeaient un parasitoïde vivant.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Caractéristiques des éclosions des pontes datées

L'analyse du tableau I montre que la somme des températures moyennes journalières correspondant au début des éclosions des œufs (Ec1) a été significativement plus élevée en 2003 ($990^{\circ} \text{C} \pm 3,6$) qu'en 2002 ($843^{\circ} \text{C} \pm 2,4$) (Test de student $t = 1,98$; $ddl = 84$; $p < 0,05$).

Ceci s'explique par la fréquence élevée de températures moyennes journalières avoisinants 30°C sur plus de 2 jours consécutifs surtout en 2003 (Figure 1). Ainsi, il ressort de cette étude qu'au même titre que les températures trop basses qui, peuvent ralentir les processus de développement selon Androic (1957) et Demolin (1987), les températures élevées dépassant les 28°C à Hassi Bahbah, ont pu aussi induire un retard dans la durée de l'embryogenèse.

Le nombre moyen de degré jour a atteint 1033°C en 1994 dans le cas des populations de cette espèce à Moudjebara (Djelfa) (Zamoum, 1998) alors qu'au Mont Ventoux (Sud de la France) ce nombre n'a été que de 780°C (Demolin, 1987).

Dans le tableau II, l'étalement de la durée moyenne d'incubation des œufs est différente d'année en année et comprise, entre $36,1 \pm 0,3$ jours (en 2002) et $37,9 \pm 0,2$ jours (en 2003) pour Ec1 (Test $t = 8,7$; $ddl = 84$; $P < 0,0001$) et $37,2 \pm 0,2$ jours (en 2002) et $39,8 \pm 0,2$ jours (en 2003)

pour Ec50 (Test $t = 12,4$; $ddl = 84$; $P < 0,0001$). L'éclosion complète des chenilles d'une même ponte a varié entre $5,7 \pm 0,3$ jours (en 2002) et $7,6 \pm 0,2$ jours (en 2003) (Test $t = 13,4$; $ddl = 84$; $P < 0,0001$). Le taux d'éclosion est nettement plus élevé en 2002.

La durée d'incubation des œufs qui, dépend de la date de ponte et des températures de l'été, dépasse 36 jours pour les deux années d'étude. La durée plus longue en 2003 est due aux températures maximales élevées qui ont été enregistrées et qui ont eu un effet de ralentissement de l'embryogenèse. Les 37 et 40 jours d'incubation qui ont été notés correspondent à la durée d'incubation optimale qui permet d'assurer la survie des chenilles néonates dans les conditions écologiques d'un biotope en zone semi aride. Dans le sud de l'Europe, cette durée est, en général, de 32 jours dans le Mont Ventoux en France (Demolin, 1987) et de 38 jours au nord de la Grèce (Bellin *et al.*, 1990).

En Grèce, à partir de pontes de CPP mises en élevage à une température comprise

entre 20 et 22° C, Schmidt (1990) a noté que 4 à 8 jours étaient nécessaires pour parvenir à l'éclosion de toutes les chenilles d'une même ponte. La différence dans la durée des éclosions qui a été observée pourrait être expliquée par le fait qu'en plus, des facteurs intrinsèques liés à l'aptitude de chacun des œufs et du site d'implantation des pontes au niveau de l'arbre, comme il a été démontré pour une autre espèce de lépidoptère (*Malacosoma pluviale*) par Wellington (1965). L'influence des températures s'exercerait d'une façon hétérogène sur une population d'œufs issue d'une même femelle. Ainsi, Leonard (1968) a observé chez les pontes de *Lymantria dispar* (Lep., Lymantriidae) que les œufs exposés le plus longtemps aux rayons solaires éclosent plus tôt que ceux qui le sont peu.

Le taux de chenilles non écloses qui a atteint 37,9 % en 2003 serait dû par les températures maximales élevées ; selon Vago (1958), le stress thermique peut provoquer la manifestation d'affections pathologiques chez la CPP.

Tableau 1 : Minimum (Min), maximum (Max) et moyenne \pm erreur standart (Moy \pm e. s.) des accumulations thermiques (en ° C) nécessaires aux différentes phases d'éclosion d'œufs (Ec1, Ec50 et Ec100) issus de pontes D obtenues pour les cycles de développement 2002 et 2003.

Cycles	Ec1 ¹			Ec50 ¹			Ec100 ¹		
	Min	Max	Moy \pm e.s.	Min	Max	Moy \pm e.s.	Min	Max	Moy \pm e.s.
2002	752	947	843 \pm 2,4	799	0947	864 \pm 4,3	798	1029	912 \pm 7,1
2003	946	1067	990 \pm 3,6	951	1060	1014 \pm 3,9	1020	1209	1092 \pm 5,5

¹ Ec1 : début, Ec50 : 50 % et Ec100 : 100 % d'éclosion d'œufs

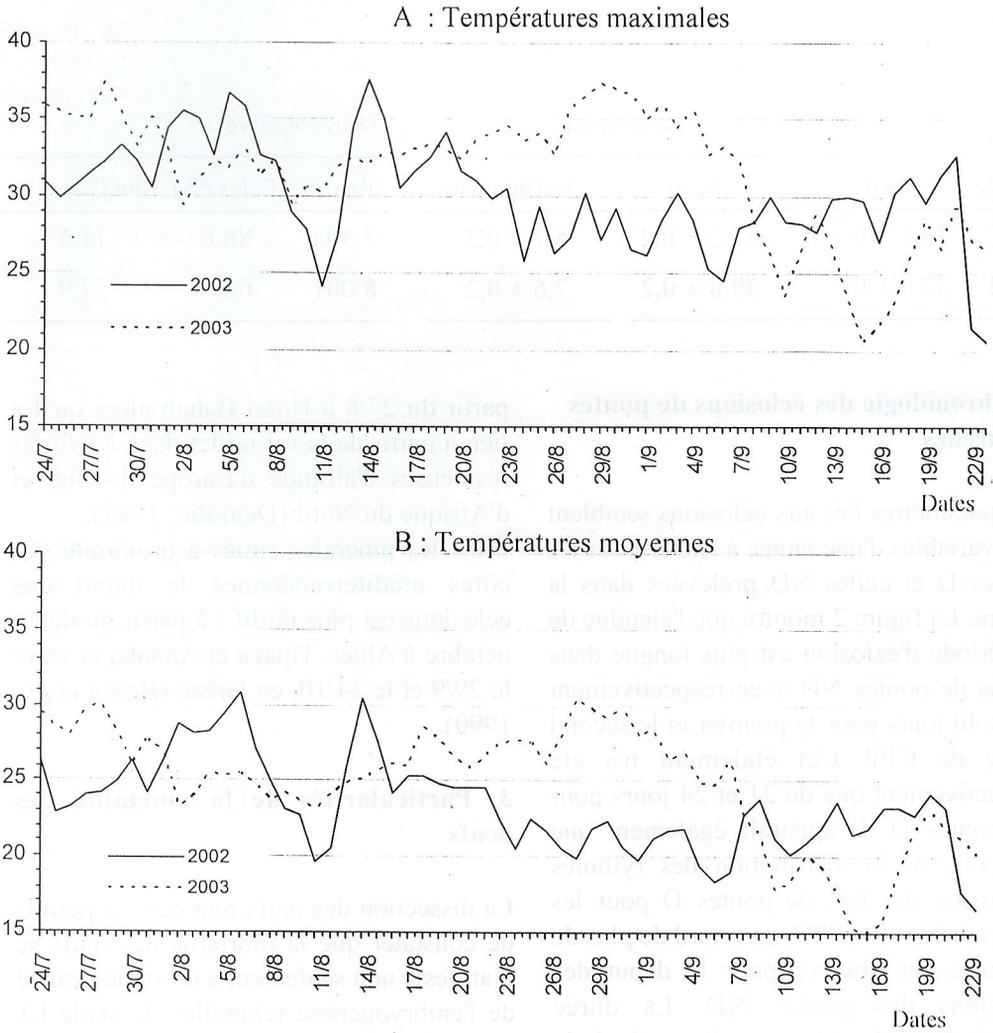


Figure 1: Températures journalières enregistrées sous abri extérieur durant la période d'incubation des œufs pour les cycles de développement 2002 et 2003 (A : Températures maximales et B : températures moyennes).

Tableau II : Durées moyennes d'incubation des oeufs pour le début (Ec0) et le 50 % (Ec50) des éclosions, durée moyenne de l'éclosion d'une même ponte (Ec100 / ponte) et taux d'œufs éclos et non éclos.

Année	Durée moyenne d'incubation (en jours) pour :			Oeufs observés		
	Ec0	Ec50	Ec100/ponte	Total	Eclos (%)	Non Eclos (%)
2002	36,1 ± 0,3	37,2 ± 0,2	5,7 ± 0,3	7 304	88,6	11,4
2003	37,9 ± 0,2	39,8 ± 0,2	7,6 ± 0,2	8 001	62,1	37,9

2. Chronologie des éclosions de pontes naturelles

Les paramètres liés aux éclosions semblent être variables d'une année à l'autre pour les pontes D et celles ND prélevées dans la nature. La figure 2 montre que l'étendue de la période d'éclosion est plus longue dans le cas de pontes ND avec respectivement 29 et 40 jours pour le premier et le second cycle de CPP. Cet étalement n'a été respectivement que de 21 et 24 jours pour les pontes D. Il apparaît également une précocité de la distribution des rythmes d'éclosion des lots de pontes D pour les deux années. En 2003, un retard de plus de 10 jours est observé pour le début des éclosions des pontes ND. La durée d'incubation dépend en grande partie de la date de dépôt de la ponte par les femelles et, aussi, comme l'a démontré Noberto (1990), de la variabilité des conditions environnementales du site de ponte. Dans nos élevages, sous abri extérieur, les conditions semblent être en faveur d'une accélération des processus de développement des œufs.

Le début des éclosions a été observé à

partir du 27/8 à Hassi Bahah alors qu'il a lieu à partir de la mi juillet dans les forêts résineuses d'altitude d'Europe du Sud et d'Afrique du Nord (Demolin, 1987).

Dans les pineraies situés à proximité des côtes méditerranéennes le début des éclosions est plus tardif : à partir du début octobre à Alger, Tipaza et Annaba et entre le 29/9 et le 24/10, en Grèce (Bellin *et al.*, 1990).

3. Particularités de la mortalité des œufs

La dissection des œufs non éclos a permis de constater que la mortalité des œufs se manifeste non seulement à un stade avancé de l'embryogenèse (chenilles de stade L1 pratiquement formées) mais aussi plus précocement (dessèchement du vitellus qui présente alors une couleur jaune ou noire). Les œufs contenant un embryon de couleur jaune dépasse 8 % chez les pontes D et ND. La mortalité avec embryon noir est la plus faible et n'a pas été notée uniquement chez les pontes ND.

Les taux de parasitisme sont faibles par rapport à la mortalité embryonnaire.

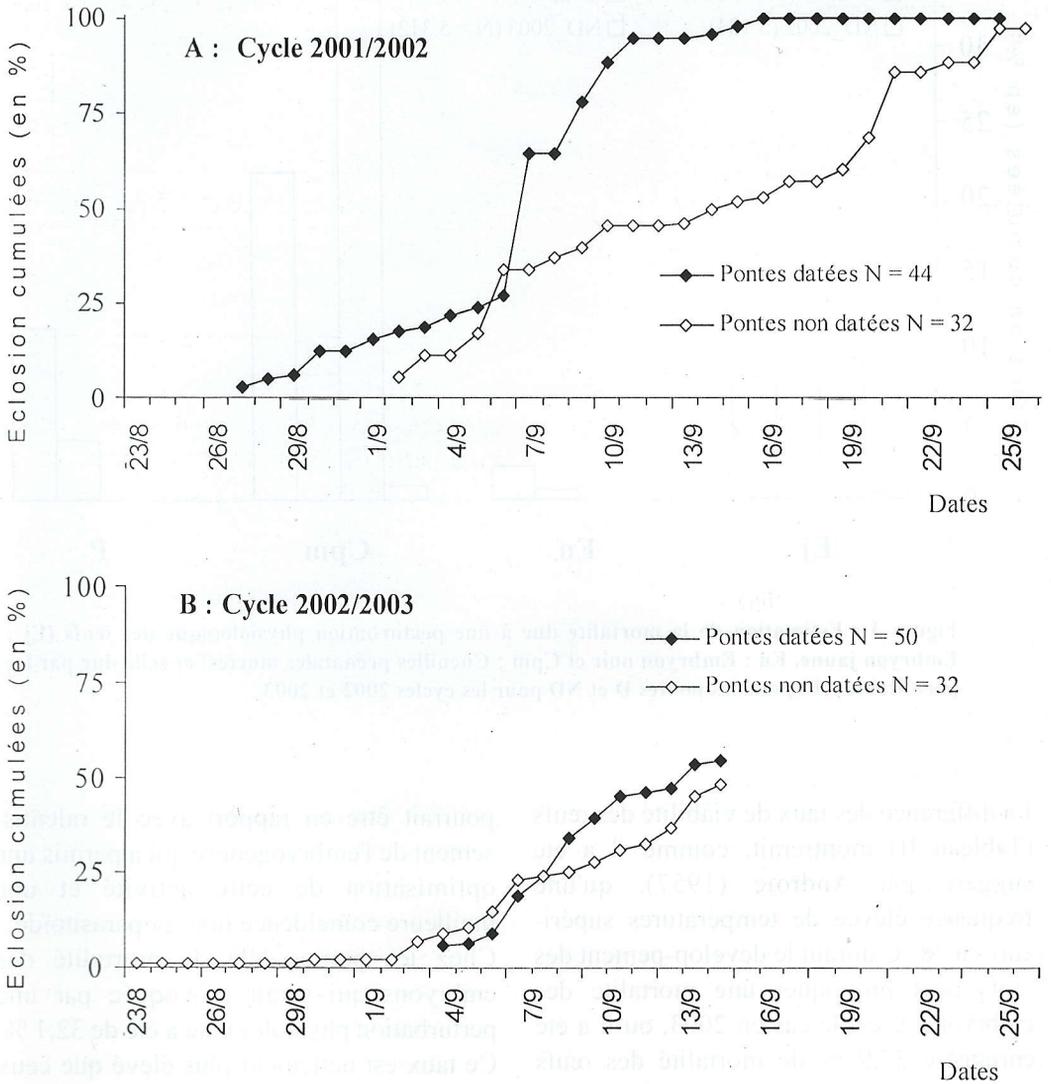


Figure 2 : Rythme comparé d'éclosion pour les cycles 2001/2002 et 2002/2003 de pontes ND prélevées dans le reboisement de Gueltet Estal à la mi août et celui des pontes D obtenues dans les conditions semi naturelles.

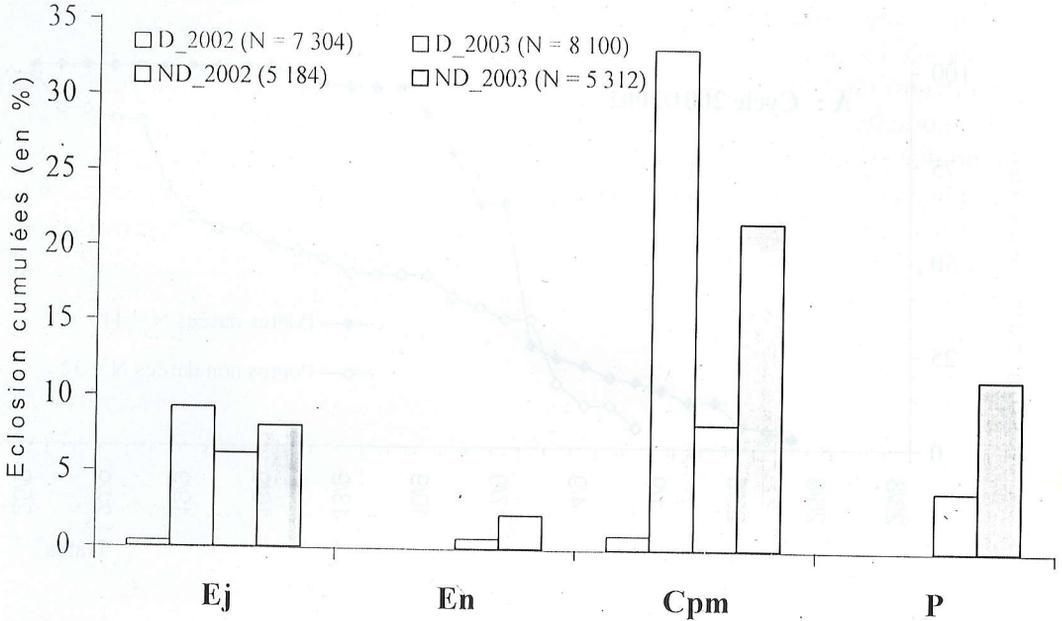


Figure 3 : Estimation de la mortalité due à une perturbation physiologique des œufs (Ej : Embryon jaune, En : Embryon noir et Cpm : Chenilles prénatales mortes) et celle due par les parasitoïdes (P) pour les pontes D et ND pour les cycles 2002 et 2003.

La différence des taux de viabilité des œufs (Tableau II) montrerait, comme il a été suggéré par Androic (1957), qu'une fréquence élevée de températures supérieures à 28° C durant le développement des œufs peut provoquer une mortalité des embryons. C'est le cas en 2003, où il a été enregistré 37,9 % de mortalité des œufs contre seulement 11,4 % en 2002.

L'activité parasitaire des œufs a été plus élevée en 2003 (11,4%) qu'en 2002 (3,9%). Une étude menée entre 1992 et 1996 à Djelfa a montré que les taux les plus élevés ont été observés en 1994 et ont atteint 20,6% (Zamoum et Demolin, 2001). Les années 1994 et 2003 sont caractérisées par des périodes estivales chaudes et cela,

pourrait être en rapport avec le ralentissement de l'embryogenèse qui a permis une optimisation de cette activité et une meilleure coïncidence hôte-ooparasitoïde. Chez les pontes ND, la mortalité des embryons qui serait provoquée par une perturbation physiologique a été de 32,1 %. Ce taux est nettement plus élevé que ceux signalés en Grèce par Bellin *et al.* (1990), qui n'a observé que 4 % et, les 1,6 % notés dans les pineraies côtières du Portugal par Pimentel *et al.* (2006). Les causes sont diverses. Parmi elles, selon Androic (1957), au même titre que les températures minimales (< 12° C), les températures maximales de plus de 28° C sont en mesure d'induire la mortalité des œufs à un stade

embryonnaire. Il est probable que cette température, proche à Gueltet Estal d'une situation de sirocco (vent sec et chaud qui est fréquent en été), soit la cause de ce type de mortalité notamment en 2003. Cette mortalité peut être également induite par le comportement des ooparasitoïdes, qui réalisent des piqûres nutritionnelles. Ce comportement alimentaire, dans le cas d'*Ooencyrtus pityocampae* (Mercet) (Hym., Encyrtidae) est la source de contaminations par des entomomycoses et de mortalité des embryons (Battisti *et al.*, 1990). De même, Massuti (1964) a observé que les piqûres de tarière des adultes de *Baryscapus servadeii* Dom. (Hym., Eulophidae) sur des chenilles prêtes à éclore (chorions déchirés) aboutissent à la mort de ces dernières. Signalons que Du Merle (1983) a enregistré jusqu'à 61,8 % de mortalité des oeufs de *Tortrix viridana* (Lep., Tortricidae) (vitellus sec de couleur rouge) et que, sur 200 œufs observés, 80 piqûres nutritionnelles d'un *Trichogramma* sp. (Hym., Trichogrammatidae) ont été détectées.

Chez les pontes D, cette mortalité embryonnaire a été de 42,3 %, ce qui amène à penser que d'autres facteurs d'ordre physiologique ou thermique liés aux embryons et aux populations des femelles pourraient induire les types de mortalités constatées.

CONCLUSION

Cette étude nous a permis d'apporter des connaissances plus détaillées sur la durée d'incubation des œufs dans les conditions de l'extrême sud de l'aire de répartition de CCP. Cette durée semble avoir une incidence sur la mortalité des embryons et

des chenilles néoformées et également sur la performance du complexe des parasitoïdes des œufs.

Il semble nécessaire de mener ce travail dans d'autres biotopes présentant des conditions écologiques les plus variées que possible avec un contrôle précis des facteurs climatiques par la mise en place de postes météorologiques standarts. Cela permettrait de mettre au point un modèle prévisionnel pouvant retracer à l'avance les stades de développement. Dans certains cas, ce modèle est en mesure d'expliquer les mécanismes justifiant les fluctuations et les mouvements des populations en rapport avec les changements climatiques.

Remerciements

L'auteur remercie M. Demolin G. Directeur de Recherche à la retraite (INRA Avignon, France) pour son aide dans la mise en place des protocoles et les discussions fructueuses qui ont permis de rédiger cet article. Le Dr Bouhraoua R. de l'Université de Tlemcen pour l'amélioration de la présentation du manuscrit et l'INRF-Djelfa pour la contribution à la réalisation de cette étude.

Summary

Particularities related to the egg hatching pattern of the *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) in the south of its distribution area.

The duration of incubation of the pine processionary caterpillars' eggs batches (Lep., Thaumetopoeidae) is one of the

most important factors in the survival of the species.

In the sub-Saharan pine reforestation at Gueltat Estal (Djelfa-Algeria), the average annual number of degree-day that is necessary at the beginning of the egg batches eclosions of this insect varies from one year to the other and is comprised between 843 and 946 °C. In the South of Europe, this degree was only 780°C.

The average number of high degree-day observed is mainly due to the fact that the high frequency of maximum daily temperatures superior or equivalent to 30°C can slow the development process down.

In the South of Europe, this slowing down is rather caused by the minimum temperatures.

The physiological mortality of eggs collected in the *Pinus halepensis* forest was between 6,8 and 10,4 %. This mortality was observed in eggs with vitellus color yellow-orange or black. On the other hand, the mortality of caterpillars neonates was between 8,3 and 21,7 %. The exceptional increase in the average temperatures during the summer period in 2003 caused higher death rates of eggs.

Key words: *Thaumetopoea pityocampa*, degree-day accumulation, Lepidoptera, incubation, hatching eggs, reforestation, *Pinus halepensis*, semi arid.

BIBLIOGRAPHIE

Androic M., 1957 - La processionnaire du pin (*Cnethocampa pityocampa*). Etude biologique et écologique. Ann. pro expeimentis, **13**, 351-460.

Battisti A., Ianne P., Milani N., Zanata M., 1990 - Preliminary accounts on the rearing of *Ooencyrtus pityocampae* (Mercet) (Hym., Encyrtidae). *J. App. Ent.* **110** (2), 121-127.

Battisti A., Stastny M., Netherer S., Robinet C., Schopf A., Roques A., Larsson S., 2005 - Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. *Ecological Applications*, **15** (6), 2084-2096.

Battisti A., Stastny M., Buffo E., Larsson S., 2006 - A rapid altitudinal range expansion in the pine processionary moth produced by the 2003 climatic anomaly. *Global Change Biology*, **12**, 662-671.

Bellin S., Schmidt G.H., Douma-Petridou E., 1990 - Structure, ooparasitoid spectrum and rate of parasitism of egg-batches of *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiffermuller (Lepidoptera Thaumetopoeidae) in Greece. *J. Appl. Ent.* **110** (2), 113-120.

Demolin G., ATGER P, 1966 - Conditions bioécologiques susceptibles d'intervenir dans l'enclenchement des maladies à cocci chez *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. 90^{ème} Congrès des sociétés savantes, Nice 1965. **2**, 511-516..

Demolin G., 1987 - La processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff., au Mont-Ventoux. *Etudes Vauclusiennes*, n° spécial, **3**, 157-173.

Du Merle P., 1983 - Les facteurs de mortalité des oeufs de *Tortrix viridana* L. (Lep., Tortricidae). II. Parasitisme par un

- Trichogramma* (Hym., Trichogrammatidae) et "maladies". *Agronomie*, **3**, (4), 359-367.
- Leonard D.E., 1968 - Sexual differential in time of hatch of eggs of the Gypsy Moth. *Journal of Economic Entomology*, **61** (3), 698-700.
- Masutti L., 1964 - Ricerche sui parassiti oofagi della *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *Ann. Cent. Econ. Mont. Ven. Univ. Padova*, **4**, 205-271.
- Roberto M., 1990 - The temperature of the egg masses of *Thaumetopoea pityocampa* (DEN. & SCHIFF.) (LEPIDOPTERA, THAUMETOPOEIDAE). *Redia* LXXIII, (1), 149-161.
- Pimentel C., Calvao T., Santos M., Ferreira C., Neves M., Nilsson J.A., 2006 - Establishment and expansion of a *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep. Notodontidae) population with a shifted life cycle in a production pine forest, Central-Coastal Portugal. *Forest Ecology and Management*, **233**, 108-115.
- Schmidt GH, 1990 - The egg-batch of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) (Lepidoptera Thaumetopoeidae): Structure, hatching of the larvae and parasitism in southern Greece. *Z. angew. entomol.*, **110** (3), 217-228.
- Vago C., 1958 - Virose intestinale chez la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera). *Entomophaga*, **3** (3), 35-37.
- Wellington W.G., 1965 - Some maternal influences on progeny quality in the western tent caterpillar, *Malacosoma pluviale* (Dyar). *Can. Ent.*, **97**, 1-14.
- Zamoum M., 1997 - La chenille processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Shiffermüller (Lep., Thaumetopoeidae). Publication de l'Inst. Nat. de Rech. For., Algérie, 13-22.
- Zamoum M., 1998 - *Données sur la bioécologie, les facteurs de mortalité et la dynamique des populations de Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiffermüller. (Lep., Thaumetopoeidae) dans les pineraies subsahariennes de la région de Djelfa (Algérie). Thèse de Doctorat, Uni. des Sci. de Rennes I, France, 247 p.
- Zamoum M., Demolin G., 2001 - Mécanismes de régulation des populations de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiffermüller (Lep., Thaumetopoeidae) en zone semi-aride (Algérie). Sem sur la conservation et la valorisation des ressources sylvo-pastorales, 19-90 déc.20001, INRGRF, Tunis, Tunisie.
- Zamoum M., 2005 - Techniques de suivi de la biologie de la processionnaire du pin avant et après traitement insecticide. Doc. Interne Inst. Nat. Rech. Forest. Algérie, 30 p.
- Zamoum M., Demolin G., Saï K., 2006 - Données sur les envols d'adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiff. (Lep., Thaumetopoeidae) dans les pineraies semi arides. *Ann. Sci. For. Algérie*, **12**, 30-42.