

ZAMOUM MOHAMED<sup>1</sup>, GUENDOZ HABIB<sup>2</sup>, DEIA DAHMAN<sup>2</sup>

## Structure des communautés d'ennemis naturels de *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiffermüller (Lep., Thaumetopoeidae) sur pin d'Alep en Algérie

### ABSTRACT

THE NATURAL ENEMIES COMMUNITIES STRUCTURE OF *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* DENIS & SCHIFFERMÜLLER (LEP., THAUMETOPOEIDAE) ON *PINUS HALEPENSIS* IN THE SUBSAHARAN ALGERIA

The host plants of the pine processionary caterpillars, *Thaumetopoea pityocampa* (Den. and Schiff.) (Lep., Thaumetopoeidae), are the *Pinus* and *Cedrus*. This study was carried out in the forest of *Pinus halepensis* Mill. in the subsaharian region where this insect pest was in a permanent presence. The structure of the natural enemies complex of this insect is analysed. Data on incidence of the various parasitoids and predatory species are estimated. It appears that the majority of the entomophagous species attacking the pine processionary caterpillars were met in the studied area. It seems that the specific parasitoids of different development stages, i.e. *Baryscapus servadeii* for eggs, *Phryxe caudata*, *Erigorgus*, *femorator* for the caterpillars, and, *Villa brunnea* for the pupae have a high incidence in the regulation of the pine processionary caterpillars populations. It can exceed 80 % in certain pupae sites. However, in the subsaharian pine forest, predation by Scolopender was observed against the caterpillars in the pupal sites and hedgehog attacking the adults. These observations were not recorded in the other localities in the Mediterranean basin.

Key words: Lepidoptera, insect forest pest, parasitism, incidence, Mediterranean basin.

### INTRODUCTION

La processionnaire du pin (CPP), *Thaumetopoea pityocampa* est un lépidoptère défoliateur des pins et des cèdres dans le Bassin Méditerranéen avec une incidence non négligeable sur la croissance des arbres (CADAHIA et INSUA, 1970). L'aire de répartition de cet insecte est en pleine extension en altitude et en latitude en Europe du fait des changements climatiques (BATTISTI *et al.*, 2005).

Cette espèce est univoltine avec un comportement grégaire et une organisation subsociale (colonie) caractérisée, par une intercommunication tactile, des déplacements collectifs (processions) et la construction d'un habitat commun appelé nid d'hiver. Le

---

Dattiloscritto accettato il 13 marzo 2008.

<sup>1</sup> Institut National de Recherche Forestière - B. P. 37 Chéraga Alger 16 000 Algérie

E-mail : [mzamoum@Yahoo.fr](mailto:mzamoum@Yahoo.fr)

<sup>2</sup> Université de Djelfa - Département Agronomie - Route de Moudjebara - Djelfa 17 000 Algérie

cycle de développement s'accomplit en deux phases. La première, sur l'arbre hôte débute par le dépôt puis l'éclosion des œufs à l'automne, donnant naissance à des chenilles dont le développement se déroule selon cinq stades larvaires, sur une période allant de 5 à 9 mois en fonction des conditions écologiques (ZAMOUM et DEMOLIN, 2002). Le cycle larvaire se termine par la procession de nymphose, au printemps. La seconde phase est souterraine, les chenilles de dernier stade larvaire migrent de l'arbre vers des sites diversifiés de nymphose (ROBREDO, 1972). Les chenilles une fois enfouies sous terre se transforment en chrysalides et entrent en diapause. Les papillons peuvent émerger l'année même ou après une diapause prolongée de plusieurs années.

Il s'agit de souligner que différentes espèces d'ennemis naturels interviennent dans la régulation des effectifs de chenilles en phase aérienne et, sur les chrysalides, en phase souterraine.

Dans les forêts naturelles le système de gradation de cette espèce est caractérisé par des phases de culmination qui peuvent être espacées de 6-10 dix ans alors qu'elles ne sont que de trois à quatre ans dans le cas des jeunes reboisements. Cette différence est due au fait de la richesse spécifique élevée des ennemis naturels en forêts naturelles (ZAMOUM, 1998).

L'objectif de cette étude qui a été durant les cycles de développement 2003/2004 et 2004/2005 est de déterminer la composition spécifique des communautés d'ennemis naturels qui interviennent sur la CCP à la limite sud de son aire de répartition. Notre but est également d'estimer l'incidence des différents facteurs de mortalité sur la dynamique des populations de la CCP durant la phase de progradation.

## MATERIELS ET METHODES

### 1. LIEU DE L'ÉTUDE

Les forêts naturelles de *Pinus halepensis* Mill. de Djelfa ont été choisies du fait de la présence de la CCP. Cette localité qui correspond à la limite de l'aire de répartition est située à 300 km au sud d'Alger et traversée par la chaîne montagneuse de l'Atlas saharien. Elle est caractérisée par son isolement géographique: limitée au nord-ouest par la région asylvatique des hauts plateaux et au sud par le Sahara. Elle fait partie de l'étage bioclimatique semi-aride à hiver froid. La moyenne annuelle de l'amplitude thermique est de 21,6 °C ce qui traduit le degré de continentalité du climat. La précipitation moyenne est de l'ordre de 300 mm/an. L'une des particularités de cette zone est la présence, en été, du sirocco qui est un vent chaud et sec avec une moyenne de 13 jours/an.

### 2. DÉLIMITATION DES PARCELLES EXPÉRIMENTALES

Trois placettes expérimentales ont été délimitées à une altitude variant entre 1 200 et 1 300 mètres sur un transect Nord-Sud: P I dans la forêt de Djellal Guebli, P II de Senalba Chergui et P III de Ouled Yakoub.

### 3. INVENTAIRE DES PARASITOÏDES DES OEUFS

Pour l'étude des parasitoïdes pondant au stade 'œuf', des pontes de CPP ont été collectées dans les trois placettes sur 30 arbres échantillonnés le long d'un transect de 400 mètres environ. Les pontes ont été collectées dans les trois placettes en 2003/2004 (N = 114) et en 2004/2005 (N = 177). Les pontes sont mises individuellement dans des tubes en verre (8 x 1 cm), bouchés des deux côtés par du coton et conditionnées sous abri extérieur à Djelfa.

Les pontes ont été écaillées après émergence de toutes les espèces d'ooparasitoïdes qui ont été identifiés sur la base du diamètre des trous de sorties et de la couleur des larves après dissection du chorion. Les taux de mortalité liés aux parasitoïdes des œufs peuvent ainsi être calculés.

### 4. INVENTAIRE DES PRINCIPAUX FACTEURS RÉGULATEURS DURANT LA PHASE LARVAIRE

Pour estimer l'action des parasitoïdes agissant durant la phase larvaire et juste avant l'enfouissement des chenilles du dernier stade larvaire 1432 chenilles ont été prélevées en 2003 et 2326 chenilles en 2004 à P I, P II et P III. Les chenilles ont été introduites individuellement dans des tubes de verre de 8 x 1 cm bouchés par du coton.

Une fois le stade nymphe atteint, les chrysalides sont extraites du cocon et placées dans des boîtes en plastiques transparentes. Les taux de mortalité sont alors comptabilisés en fonction des différents facteurs (mycoses, parasitoïdes et infections non identifiées). Ces infections ont été observées en général tardivement chez les nymphes conditionnées, elles se caractérisent par le fait que ces dernières deviennent molles avec une coloration marron foncée et leur dissection fait apparaître une décomposition avancée des tissus qui dégagent une odeur nauséabonde.

Les lots ont été conditionnés dans une pièce obscure en aération naturelle constante par l'extérieur et, suivis jusqu'à la fin des émergences des adultes et des parasitoïdes.

### 5. ENFOUISSEMENTS FORCÉS ET INVENTAIRE DES ENNEMIS NATURELS NYMPHAUX

Afin d'inventorier les ennemis naturels attaquant au stade nymphal, 600 chenilles en cours de procession de nymphose ont été récoltées à P I pour chacun des deux cycles de développement de CPP. Les chenilles ainsi échantillonnées sont bloquées à l'aide de cylindres en rhodoïd par lot de 200 pour chacun des différents sites d'enfouissement. Cette différence des sites résulte dans leur taux d'ensoleillement. Les sites "ombragés"

ont été choisis juste aux pieds des arbres du fait de l'ombrage assuré par les branches basses, ceux à "mi-ombre" ont été installés sous le houppier des pins de manière à éviter un ensoleillement systématique et, enfin, ceux "ensoleillés" sont localisés dans les clairières.

Les chrysalides enfouies ont été récupérées dans le sol juste avant l'émergence des adultes et conditionnées dans les mêmes conditions que celles des chenilles prélevées avant leurs enfouissements.

## RESULTATS

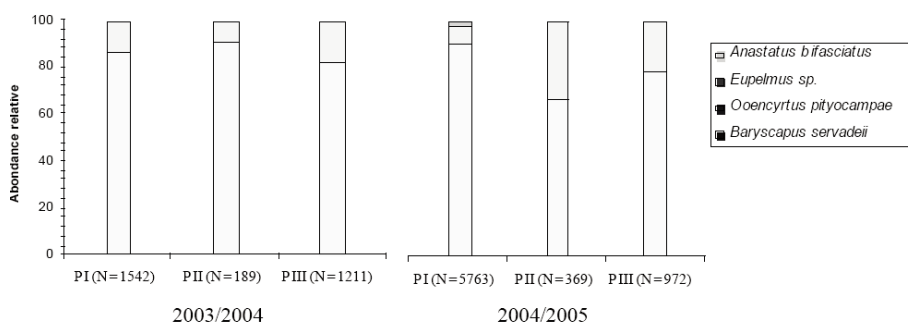
### 1. LE COMPLEXE DES PARASITOÏDES DES ŒUFS

Dans le tableau 1, les espèces de parasitoïdes des œufs qui ont été recensés sont reportées par ordre d'importance: *Baryscapus servadeii* (Domenichini, 1966) (Hym., Eulophidae), *Ooencyrtus pityocampae* (Mercet, 1921) (Hym., Encyrtidae), *Eupelmus (Macroneura)* sp. (Ferrière, 1954) (Hym., Eulophidae), et *Anastatus bifasciatus* (Geoffroy, 1785) (Hym., Eupelmidae). Ces deux derniers, n'ont été rencontrés qu'avec des taux faibles durant le cycle 2004/2005. Les taux de fréquences d'abondance parcellaires n'ont pas variés en 2003 ceux de *B. servadeii* ont dépassés 80 % alors que ceux d'*O. pityocampae* ont été de moins de 20 %. Par contre, en 2004 ces taux ont été différents d'une parcelle à une autre et, même si *B. servadeii* a été le plus abondant ceux d'*O. pityocampae* ont atteint 32,6 % à P II et 21,7 % à P III.

### 2. LES PRINCIPAUX FACTEURS DE MORTALITÉ INTERVENANT SUR LES CHENILLES DURANT LA PHASE AÉRIENNE

*Erigorgus femorator* (Aubert, 1910) (Hym., Ichneumonidae), *Phryxe caudata*

Tableau 1: Distribution en fréquences des espèces ooparasitoïdes œufs par rapport au nombre total d'adultes émergés pour le cycle 2003/2004 (2 = 3,4; ddl = 2; p < 0,05) et 2004/2005 (2 = 21,8; ddl = 6; p > 0,05).



(Rondani, 1859) (Dipt., Tachinidae) et *Exorista segregata* (Rondani, 1859) (Dipt., Tachinidae) sont les seules espèces de parasitoïdes rencontrées (Tableau 2).

Les taux d'incidence cumulés des parasitoïdes varient en fonction des placettes et des années. Ils sont compris entre 14,1 % (P II) et 45,7 % (P III) durant le cycle 2004/2005.

Les résultats montrent qu'il n'y a pas une différence significative entre les effectifs de nymphes parasitées par *P. caudata* (Mann-Whitney U test:  $U = 3,00$ ,  $P = 0,700$ ) et *E. femorator* pour les deux cycles (Mann-Whitney U test:  $U = 7,00$ ,  $P = 0,400$ ). Par contre en 2004/2005, le nombre de nymphes parasitées par *P. caudata* a plus que doublée dans toutes les placettes par rapport à celui d'*E. femorator* (Mann-Whitney U test:  $U = 9$ ,  $P < 0,0001$ ). *E. segregata* a été signalée dans cette localité pour la première fois; son taux de parasitisme n'a pas dépassé 3,2 % (P III/2004/2005).

Une mortalité d'origine inconnue a été rencontrée surtout chez les chenilles et les nymphes. Cette mortalité s'est parfois manifestée tardivement au cours des élevages en s'accompagnant souvent de malformations. Elle a été plus importante que celle due aux mycoses, mais elle a varié d'une placette et d'une année à l'autre (Mann-Whitney U test:  $U = 3,00$ ,  $P = 0,700$ ). Le cumul des pourcentages obtenus pour les chenilles et les chrysalides est compris entre 7,1 % (P II / 2003/04) et 25,2 % (P III / 2004/05).

Les mycoses dues à *Bauveria bassiana* et *Poecilomyces fumuso-roseus* ont été plus élevée en 2003/04 qu'en 2004/05 avec un maximum de 6,4 % à P I (chenilles et nymphes). La mortalité par infection non identifiée comprise entre 0,3 (P I / 2004/05)

Tableau 2: Comparaison inter-cyclique des taux de mortalité obtenus à partir du nombre total des chenilles échantillonnées.

| Types de mortalité <sup>(1)</sup>       |   | 2003 / 2004        |             |             | 2004 / 2005 |             |           |
|---|---|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|
|   |   | P I <sup>(2)</sup> | P II        | P III       | P I         | P II        | P III     |
| Chenilles                               | Mycoses                                   | 2,2                | 0,3         | 3,4         | 0           | 0           | 0         |
|   | Mortalité d'origine inconnue              | 13,0               | 6,2         | 14,7        | 19,3        | 11,2        | 23,4      |
| Nymphes                                 | Mycoses                                   | 4,2                | 0,9         | 0,1         | 0           | 0,4         | 0,3       |
|   | Parasitées par <i>Phryxe caudata</i>      | 7,1                | 19,2        | 28,1        | 22,0        | 9,1         | 41,3      |
|   | Parasitées par <i>Exorista Segregata</i>  | 0                  | 0           | 0           | 0,2         | 1,9         | 3,2       |
|   | Parasitées par <i>Erigorgus Femorator</i> | 14,6               | 10,4        | 5,9         | 8,5         | 3,1         | 1,2       |
|   | Infection non identifiée                  | 0,5                | 4,4         | 1,1         | 0,3         | 2,4         | 0,8       |
|   | Mortalité d'origine inconnue              | 3,4                | 0,9         | 9,1         | 0,8         | 0           | 1,8       |
| Adultes                                 | Infection non identifiée                  | 1,5                | 0           | 0           | 0           | 0,4         | 0         |
| <b>Taux de mortalité</b>                |   | <b>56,5</b>        | <b>42,3</b> | <b>62,4</b> | <b>51,1</b> | <b>28,5</b> | <b>72</b> |
| Nombre total de chenilles observées (N) |   | 408                | 513         | 511         | 752         | 602         | 972       |

<sup>(1)</sup> Test F > 0,05 pour l'incidence inter-cyclique pour tous les facteurs de mortalité

<sup>(2)</sup> Le test F est non significatif pour toutes les placettes

et 4,4 % (P II / 2003/04).

### 3. LES FACTEURS DE MORTALITÉ INTERVENANT DURANT LES ENFOUISSEMENTS

La prédation est faible, principalement due par la grande scolopendre au moment des enfouissements, le plus souvent sous les pierres, la huppe (*Upupa epops*) dans les sites d'enfouissements situés dans les clairières ou en bordure des clairières à la fin du mois d'avril et en début mai et, enfin, celle des adultes par *Paraechinus* sp. (hérisson) qui a été observée dans la nature et au laboratoire.

Par ailleurs, le comportement de labour du sol par les sangliers a pour conséquence de faire remonter à la surface les chrysalides, qui meurent par dessiccation sous l'effet des fortes températures préétiavales.

L'emplacement des différents types de sites d'enfouissement semble montrer dans le tableau 3 que le taux de survie des individus dans chacune des deux années, a été le plus élevé dans les sites au soleil, ou il a dépassé les 50 %, et très faible dans les sites ombragés, avec un maximum de 30 %. Il apparaît que l'action de *V. brunnea*, chacune des deux années, a été la plus élevée dans les sites ombragés, où elle a atteint 54,8 % en 2003/2004 et 65,1 % en 2004/2005; elle a été nettement moindre dans ceux situés à mi-ombre, où elle a été comprise entre 14,8 et 18,3 %, et faible dans les sites au soleil où son action n'a pas dépassé 5,7 %. Il semble que l'augmentation progressive de la

Tableau 3: Taux de mortalité des différents facteurs en fonction du type de sites d'enfouissement.

| Types de Mortalité           |   | 2003 / 2004                         |             |             | 2004 / 2005                          |             |             |
|------------------------------|---|-------------------------------------|-------------|-------------|--------------------------------------|-------------|-------------|
|                              |   | Au soleil                           | Mi ombre    | Ombre       | Au soleil                            | Mi ombre    | Ombre       |
| Chenilles                    | Prédâtées                                 | 1,7                                 | 0           | 0           | 0                                    | 0           | 0           |
|                              | Mycosées                                  | 0,4                                 | 0           | 0           | 0                                    | 2           | 0           |
|                              | Mortalité d'origine inconnue              | 7,8                                 | 1,3         | 8,2         | 2,8                                  | 26,1        | 0,2         |
| Nymphes                      | Prédâtées                                 | 2,0                                 | 0           | 0           | 0,2                                  | 0           | 0           |
|                              | Mycosées                                  | 0,2                                 | 1,8         | 2,1         | 1,2                                  | 2,4         | 0,1         |
|                              | Parasitées par <i>Exorista segregata</i>  | 4,9                                 | 5,6         | 2,6         | 7,2                                  | 3,3         | 0,2         |
|                              | Parasitées par <i>Phryxe caudata</i>      | 4,3                                 | 7,1         | 2,4         | 3,7                                  | 1,5         | 1,9         |
|                              | Parasitées par <i>Erigorgus femorator</i> | 18,1                                | 15,2        | 8,7         | 2,3                                  | 7,2         | 2,2         |
|                              | Parasitées par <i>Villa brunnea</i>       | 5,7                                 | 18,3        | 54,8        | 4,2                                  | 14,8        | 65,1        |
|                              | Infection non identifiée                  | 0                                   | 1,1         | 0,7         | 0                                    | 0,2         | 0,4         |
|                              | Mortalité d'origine inconnue              | 0                                   | 0           | 0           | 1                                    | 0           | 0           |
| <b>Taux de mortalité</b>     |   | <b>45,1</b>                         | <b>50,4</b> | <b>79,5</b> | <b>22,6</b>                          | <b>57,5</b> | <b>70,1</b> |
| Total des chenilles enfouies |   | 200                                 | 200         | 200         | 200                                  | 200         | 200         |
| Nombre de pièges installés   |   | 2                                   | 2           | 2           | 2                                    | 2           | 2           |
|                              |   | 2 = 60,5; d.d.1. = 18;<br>p < 0,001 |             |             | 2 = 105,5; d.d.1. = 14; p<br>< 0,001 |             |             |

présence de *V. brunnea*, en allant des sites au soleil vers les sites ombragés, s'accompagne d'une diminution de l'action de *P. caudata* et d'*E. femorator*. L'abondance de *E. segregata*, dont une grande proportion d'adultes a émergé avant les récoltes des chrysalides, est plus élevée dans les sites exposés au soleil que dans ceux situés à l'ombre.

## DISCUSSION

### 1. ANALYSE DU SPECTRE DE LA MORTALITÉ DURANT LA PHASE AÉRIENNE

En ce qui concerne le complexe des parasitoïdes des oeufs, mise à part l'absence de *Trichogramma* sp. (Hym., Trichogrammatidae), *Pediobius* sp. (Hym., Eulophidae) et *Eupelmus (Macroneura) seculata* Ferrière (Hym., Eulophidae) que nous avons rencontré dans les forêts littorales en Algérie, cette étude a permis de noter, à Djelfa, la présence de la majorité des espèces citées dans d'autres pinèdes du bassin méditerranéen.

La forte présence de *B. servadeii* au détriment d'*O. pityocampae*, durant les cycles étudiés, n'a pas été observée dans le cas de jeunes reboisements à Djelfa (ZAMOUM, 1998) et au sud de l'Italie par TIBERI (1990). Cet auteur a noté que *O. pityocampae* est plus actif en phase de progradation de l'hôte alors que *B. servadeii* prédomine occasionnellement en phase de rétrogradation. Par ailleurs, il existe des cas de "dominance exclusive" comme il a été constaté en montagne corse en France pour *B. servadeii* (GERI, 1980).

Durant la phase épigée du cycle, la présence des parasitoïdes s'attaquant aux chenilles est limitée aux deux espèces spécialistes de la CPP les plus répandues; les espèces polyphages sont absentes, exceptée la tachinaire *E. segregata*. En ce qui concerne, la première espèce, *P. caudata* est endoparasite et effectue deux générations par an sur une même génération de CPP; le vol d'adultes de la première génération est automnal alors que le second est printanier. Ainsi, les taux de chenilles parasitées par la génération printanière semblent être faibles par rapport à ceux obtenus en France dans différentes localités par BILIOTTI (1956) (maximum de 30 %), en Corse par GERI (1980) (entre 3 et 45 %) et au Mont-Ventoux par DEMOLIN (1971) (jusqu'à 50 %). La faible incidence de *P. caudata* dans nos placettes peut être expliquée par le fait que les possibilités de coïncidence avec l'hôte peuvent être compromise certaines années. Par contre, pour *E. femorator*, cette espèce a été signalée comme ayant une faible activité depuis plusieurs années dans les différents biotopes du Mont-Ventoux (DEMOLIN, 1971) et dans les Préalpes Orientales (BATTISTI, 1986) et dans les pineraies ibériques (MONTROYA, 1981). Elle est apparemment absente dans les pineraies littorales à Baïnem (Algérie) et à Puglia (Italie) (TRIGGIANI *et al.*, 1993). La présence non négligeable de chrysalides parasitées par *E. femorator* dans les placettes situées en bordure de la forêt et

comportant des clairières (P I et P II) dénote une similitude dans le choix des sites préférentiels d'activité de cet hyménoptère avec la montagne corse (GERI, 1980). Par ailleurs, la présence constante d'*E. femorator* à Djelfa et sa possibilité de dominance par rapport à *P. caudata*, notamment à P I en 2003/04 laisse supposer l'existence d'une compétition interspécifique. En effet, le début d'activité de ponte de *P. caudata* intervient presque à la fin de celle d'*E. femorator*. Nous pensons qu'il serait utile d'étudier les capacités de discrimination entre une chenille saine et une chenille parasitée chez les deux espèces.

La prédation des chenilles, due essentiellement par la grande scolopendre est faible par rapport à celle notée au sud de l'Europe par BILIOTTI (1958), BATTISTI (1986) et DEMOLIN (1995) ou au nord de l'Algérie. Dans la forêt de Baïnem (littoral algérois), nous avons noté la présence des mésanges (*Parus* spp.) et de *Xanthandrus comtus* (Dipt., Syrphiidae). Ce diptère est bien connu comme prédateur de la CPP dans le sud de la France où son incidence peut atteindre jusqu'à 20% dans le sud de la France (DEMOLIN et MARTIN, 1989). L'absence de ces espèces prédatrices et d'autres à Djelfa peut être due à l'isolement relatif de ses forêts et à la faible diversité floristique qui ne permet pas l'installation et la survie de tous les organismes.

## 2. CARACTÉRISTIQUES DE LA MORTALITÉ DURANT LA PHASE SOUTERRAINE

La mortalité par *V. brunnea*, qui a atteint plus de 60 % dans les sites ombragés semble être similaire à celle observée au Mont-Ventoux, où elle peut dépasser les 50 % dans les conditions optimales de coïncidence avec l'hôte (DU MERLE, 1970). Par contre, elle est élevée par rapport aux taux de 15 et 19 % obtenus par BERTELLA (1987), dans les reboisements situés à Batna (Algérie) et au maximum de 10 % obtenu par GERI (1980), en Corse. Dans la forêt littorale de Baïnem, ce parasitoïde n'a pas été rencontré en 1992 et 1993, tandis qu'une autre étude menée sur le littoral italien n'a abouti qu'à l'observation d'un seul individu (TRIGGIANI *et al.*, 1993).

La relative efficacité de *V. brunnea* à Djelfa pourrait être expliquée, entre autres, par le fait que les sites préférentiels de pontes de ce parasitoïde sont localisés aux alentours des pieds des arbres. Ce comportement spécifique de ponte peut être induit par les fortes températures estivales et favorise une coïncidence hôte-parasitoïde. En effet, les oeufs et les larves planidiées de *V. brunnea* peuvent être transportés par les chenilles, lors de leur passage par le pied de l'arbre au moment des départs en procession de nymphose, jusqu'aux sites d'enfouissement. Au Mont-Ventoux, cette coïncidence est relativement limitée par le fait que les oeufs sont plutôt projetés dans les clairières ensoleillées, vers les rebords de pierres ou dans les fissures du sol (DU MERLE, 1964).

La performance de *V. brunnea* dépend également, au moins en partie, de la durée des déplacements des chenilles en processions de nymphose et de la variabilité de la



situation des sites d'enfouissement choisis. En P I, nous avons montré que l'action de ce parasitoïde est plus importante dans les sites ombragés, puis ceux à mi-ombre et enfin dans les sites au soleil.

L'augmentation du taux de chrysalides parasitées par *V. brunnea* s'accompagne d'une diminution du parasitisme par *P. caudata* et *E. femorator*, notamment dans les sites ombragés. Ceci suggère une absence ou une imparfaite capacité discriminatoire des planidiums, qui seraient incapables de reconnaître qu'une chrysalide est déjà parasitée par une autre espèce. De tels cas de multiparasitisme tourneraient alors le plus souvent à l'avantage du Bombyliide. On remarquera à ce sujet que contrairement à la larve L1 de *P. caudata* qui ne peut commencer à se développer qu'à la levée de diapause de l'hôte (BILIOTTI, 1956), le planidium commence à se développer dès sa pénétration dans la chrysalide, laquelle est quasiment vidée de son contenu un mois plus tard (DU MERLE, 1964). En outre, à Djelfa, *V. brunnea* serait plus avantagé qu'au Mont-Ventoux du fait que la diapause des chrysalides y dure un mois de plus pour une date de nymphose pratiquement similaire (ZAMOUM *et al.*, 2006).

Le taux de parasitisme par *E. segregata* plus élevé en 2004/2005 (seule année où cette tachinaire a été observée) pour les chrysalides déterrées que pour les chenilles mises en tube s'explique par le fait que nous avons observé sa forte activité de ponte sur les chenilles en cours de processions de nymphose.

La mortalité due aux mycoses a augmenté en 2004/2005 dans les sites à l'ombre et à mi-ombre. Ceci peut s'expliquer par une contamination des chenilles durant la phase aérienne, mais aussi, par la présence au niveau des sites d'enfouissement, de spores provenant d'exuvies ou d'individus morts contaminés l'année précédente. A ce propos, Ferron, cité par DEMOLIN (1974), a constaté, lors d'une étude au Mont-Ventoux, que l'incidence des mycoses est plus importante immédiatement après la phase de culmination et diminue lors des années de latence ou de post gradation.

Concernant l'importance de la mortalité des chenilles et des nymphes sous l'action des micro-organismes pathogènes, nous pensons qu'il serait utile qu'une identification des causes exactes soit entreprise par un laboratoire spécialisé. Ces déterminations permettraient de confirmer ou non la présence des souches virales ou bactériennes signalées au sud de l'Europe (VAGO, 1958), GOMEZ DE AIZPURUA et REPUREZ (1968) et REPUREZ (1969). Les symptômes que nous avons observés sur les chenilles mortes répondent aux descriptions données par ces auteurs de la mortalité par virose cytoplasmique à polyèdres chez la CCP.

L'incidence prédatrice de la huppe n'a pas été évaluée mais cette espèce a été signalée comme étant prédatrice des chrysalides dans les Préalpes vénitiennes (Italie), où son action destructrice peut atteindre 56,5 % (BATTISTI, 1986).

### 3. CARACTÉRISTIQUES DU COMPLEXE DES ENTOMOPHAGES

L'estimation de la réduction de populations de la CPP par les différents facteurs de

mortalité qui ont été rencontrés apparaît comme étant variable selon les conditions spatio-temporelles. Il apparaît que la mortalité affecte les populations de chenilles plus que celles des oeufs et des chrysalides.

Dans le cas des oeufs, l'incidence du complexe des ooparasitoïdes dépasse à peine 20 % (ZAMOUM et DEMOLIN, 2003). Cette action est faible par rapport à celle observée dans d'autres biotopes au nord et au sud du Bassin méditerranéen où elle peut dépasser 60 % (TIBERI, 1990). Pour les facteurs de mortalité qui affectent les chenilles arrivées à maturité les pourcentages de parasitisme varient entre 14,1 et 45,7 % et semble être élevés par rapport au Mont-Ventoux (DEMOLIN, 1971 et 1987). Au niveau des chrysalides l'action cumulée des différents ennemis naturels de la phase aérienne et souterraine est comprise entre 22,6 et 70,1 %. Ces taux de mortalité observés après les départs en processions de nymphose à Djelfa sont inférieurs à ceux obtenus au Mont-Ventoux, où ils dépassent souvent 75 % (Demolin, comm. pers.), mais semblent se rapprocher de ceux notés en Corse (entre 40 et 70%) (GERI, 1980).

L'action des parasitoïdes polyphages apparaît comme étant faible et, elle est essentiellement due au diptère *E. segregata* en 2004/2005 alors que trois espèces spécialistes et endoparasites ont joué un rôle considérable puisqu'elles ont une aptitude à affecter, dans certain lieu et année, plus de 50 % des chrysalides.

Cette étude a permis de constater l'absence de *Coelichneumon rudis* Fonsc. (Hym., Ichneumonidae) qui est un parasitoïde spécifique pouvant atteindre plus de 10 % de la population de chrysalides au Mont Ventoux (DU MERLE, 1965) et dans le sud de l'Italie (TARASCO, 1995) et, également celle de *Conomorium pityocampae* Graham (Hym., Pteromalidae) qui a été observé dans une forêt littorale algéroise et dans le sud de l'Europe.

## CONCLUSION

Par rapport au sud de l'Europe ou les ennemis naturels de la CPP comprennent une trentaine d'espèces de parasitoïdes avec un certain nombre de prédateurs et de maladies; à Djelfa, il n'a été constaté la présence que de huit espèces de parasitoïdes, de deux prédateurs, de deux espèces de mycoses et, il n'a pas été possible d'identifier l'ensemble des facteurs de mortalité surtout ceux ayant trait aux virus, bactéries et nématodes.

La pauvreté de la richesse spécifique du complexe des ennemis naturels est en partie due aux aménagements forestiers qui sont pratiqués à Djelfa et, qui favorisent les peuplements résineux monospécifiques et ne permettent pas, en général, d'assurer la présence de la guildes composant les espèces polyphages qui nécessite celle d'hôtes de transition. De plus, le relatif isolement géographique par rapport aux forêts du nord peut constituer une contrainte majeure pour assurer les échanges intersystèmes et, par la même, la possibilité d'installation de nombreuses espèces floristiques et faunistiques se

trouvant au nord de l'Algérie.

Enfin, la particularité du climat semi aride de Djelfa qui est caractérisée par une pluviométrie inférieure à 400 mm d'eau/an, une forte amplitude thermique, la présence de sirocco (vent chaud d'été), de périodes cycliques de sécheresse et la surexploitation abusive des produits forestiers par l'homme sont autant de facteurs ayant pour conséquence la régression des formations forestières au détriment de la steppe à Alfa (*Stipa tenacissima*). Il est certain que ces facteurs, limitent le nombre de niches écologiques et par la même le nombre d'espèces entomologiques par niche.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient MM. Demolin et feu Du Merle (INRA-France) pour l'identification des parasitoïdes aériens et souterrains, Rasplus (INRA- France) des parasitoïdes œufs et E. Tarasco (Université de Bari-Italie) pour l'amélioration de la rédaction de l'article.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BATTISTI A., 1986 - Ricerche bio-ecologica e demografiche su *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiffermüller) in pinete di *Pinus nigra* Arnold delle Prealpi orientali. Thèse de doctorat, Bologne, 78p.
- 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.
- BERTELLA N. 1987 - Bio-écologie de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera, Thaumetopoeidae) dans quelques régions d'Algérie. - Thèse magister Sci. Agr., Inst. Nat. Agro. El - Harrach - Algérie, 110 p.
- BILIOTTI E., 1956 - Biologie de *Phryxe caudata* Rondani (Dipt. Larvaevoridae) parasite de la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.). - *Rev. Pathol. veg. Entomol. agric. Fr.*, 35, 50-65.
- BILIOTTI E., 1958 - Parasites et prédateurs de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera). - *Entomophaga*, 3 (1), 23-24.
- CADAHIA D., INSUA A., 1970 - Estimacion de los danos producidos por *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. en las repoblaciones de *Pinus radiata* D. Don. *Bol. Serv. Plagas For.*, 13 (26), 159-171.
- DEMOLIN G., 1971 - Incidences de quelques facteurs agissant sur le comportement social des chenilles de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera) pendant la période des processions de nymphose. Répercussion sur l'efficacité des parasites. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 33-56.
- DEMOLIN G., 1974 - Incidence du climat sur les gradations de population de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Recherches d'éléments ou d'indices sur les potentialités négatives des populations. Prognose. *C.R fin de contrat D.G.R.S.T.* n° 70.0.2174, 17p.
- DEMOLIN G., 1987 - La processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff., au Mont-Ventoux. - *Etudes Vauclusiennes*, n° spécial, 3, 157-173.
- DEMOLIN G., MARTIN J.C., 1989 - Essais d'efficacité du Foray 48B sur la chenille processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. au troisième stade larvaire de son développement. Incidence de l'action simultanée de *Xanthandrus comtus* Harr. (Diptera,

- Syrphidae). C.R. interne, Inst. Nat. de la Rech. Agr. (Avignon), 12 p.
- DEMOLIN G., 1995 - La processionnaire du pin en Albanie. Rapport iconographique World Bank Int., 22p.
- DU MERLE P., 1964 - Cycle biologique d'un diptère Bombyliidae du genre *Villa* sur *Thaumetopoea pityocampa*. C.R. Acad. Sci., Paris, 259, 1657-1659.
- DU MERLE P., 1965 - Contribution de la biologie de *Coelichneumon rudis* Fonsc., parasite de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Hym. Ichneumonidae; Lep. Notodontidae). Rap. Inter. INRA (Avignon) - France.
- DU MERLE P., 1969 - Le complexe parasitaire hypogé de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff (Lepidoptera). - *Bol. Serv. Plagas. For.*, 12 (23), 1-5.
- DU MERLE P., 1970 - Biologie et écologie d'un diptère Bombyliidae, *Villa brunnea* Becker, parasite de la processionnaire du pin. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 3, n° hors série, 111-116.
- DU MERLE P., 1971- Sur quelques facteurs qui régissent l'efficacité de *Villa brunnea* Beck. (Dipt. Bombyliidae) dans la régulation des populations de Thaumetopoeidae. *Ann. Zool. Ecol. Anim.* N° hors série, 57-66.
- GERI C., 1980 - *Applications des méthodes d'études démécologiques aux insectes défoliateurs forestiers. Cas de Diprion pini L. (Hym., Diprionidae). Dynamique des populations de la processionnaire du pin dans l'île de Corse.* Thèse doct. Etat, Orsay, Uni. Paris Sud, 260 p.
- GOMEZ DE AIZPURUA C., REPUREZ A., 1968 - Epizootia espontanea sobre *Thaumetopoea pityocampa* Schiff., causada por un virus citoplasmico, *Smithiavirus pityocampae* VAG. *Graellsia*, 23, 221-226.
- MONTOYA R., 1981 - *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *Plagas de insectos en las masas forestales espanolas.* Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion, Madrid, 51-64.
- ROBREDO F., 1963 - Las procesiones de crisalidacion de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *Bol. Serv. Plagas For.*, Madrid, 6 (12), 122-129.
- RUPEREZ A. 1969 - Microorganismos patogenos para *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. y su utilizacion. *Bol. Serv. Plagas For.*, Madrid, 12, 41-49.
- TARASCO E., 1995. - Morfologia larvale e biologia di *Coelichneumon rudis* (Boyer de Fonscolombe) (Hymenoptera: Ichneumonidae) endoparassitoide delle crisalidi della (*Thaumetopoea pityocampa* (Den. et Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). *Entomologica*, Bari, 29, 5-51.
- TIBERI R., 1990 - Egg parasitoids of the pine processionary caterpillar, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lep., Thaumetopoeidae) in Italie: distribution and activity in different areas. *J. Appl. Ent.*, 110, 14-18.
- TRIGGIANI O., DE LILLIO E., ADDANTE R., 1993 - La processionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa* (Den. et Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae), e i suoi nemici naturali in puglia. *Entomologica*, 27, 139-167.
- VAGO C., 1958 - Virose intestinale chez la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera). *Entomophaga*, 3 (3), 35-37.
- 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 Doct., Uni. des sci. de Rennes I, France, 247 p.
- ZAMOUM M., DEMOLIN G., 2002 - The pine processionary caterpillars life cycle, *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiffermüller (Lep., Thaumetopoeidae) in the bioclimatic conditions of a subsaharian region (Djelfa, Algeria). - Comm. Symp. Internat. de Rabat (Maroc), du 6 au 11 mai 2002.
- ZAMOUM M., DEMOLIN G., 2003 - Possibilités de renforcement de la lutte contre contre *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiffermüller (Lep., Thaumetopoeidae) dans les

- reboisements de *Pinus halepensis* du “barrage vert”. *Ann. Sci. For. Algérie*, 2003, (1): 18-26.
- ZAMOUM M., DEMOLIN G., SAI K., 2005 – Données sur les vols d’adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiff. (Lep., Thaumetopoeidae) dans les pineraies semi arides. *Ann. Sci. For. Algérie*, 12: 30-42.