

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE
L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER ACADEMIQUE EN SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE

Option : phytopharmacie appliquée

Thème

**Diversité des parasitoïdes larvaires de la processionnaire du pin
Thaumetopoea pityocampa schiff (Denis et Schiffer & müller en
1775) dans le parc national de Theniet el Had**

Présenté par

CHEBIL AHMED

Devant le jury composé de :

Mme SABRI.K	M A A	USDB	Président de jury
Mme GUENDAUZ.BENRIMA.A	Professeur	USDB	Promotrice
Mme TOUAHRIA.SEBTI.S	M A B	USDB	Co-promotrice
Mme AOUES.K	M A B	USDB	Examinatrice
Mr ABDELHAMID.DJ	M A A	UIKT	Examineur

Blida, Décembre 2013

LISTE DES ABREVIATIONS

Max : Maximale.

Min : Minimale.

M : mètre

Coe : coefficient

P : Précipitation

T : Température

°C : Degrée

P1 : *Phryxe caudata*

P2 : *Villa brunnea*

Taux .par : taux de parasitisme

Taux .EM : taux d'émergences des papillons

Taux. DP : taux de diapause

RESUME

L'étude conduite porte sur les émergences des papillons et des parasitoïdes des stades larvaire et nymphal. Les taux d'émergence des papillons et des parasitoïdes ainsi que les chrysalides en diapause calculés sont variables et montrent une rétrogradation de la population. L'émergence des adultes se situe entre la fin juillet et la fin du mois d'aout. L'émergence des parasitoïdes se situe entre le mi juillet et la fin du mois d'aout. Les résultats montrent également une synchronie entre les cycles des parasitoïdes et de l'insecte.

L'effectif moyen des chrysalides parasitées est de (9,25). Par contre l'effectif moyen des émergences ne dépasse pas (1,5). Par ailleurs la moyenne des chrysalides passées en diapause est de (17,25). La moyenne des émergences reste faible.

Deux espèces de parasitoïdes des chrysalides de *Thaumetopoea pityocampa* sur cèdre de l'Atlas à Theniet El Had ont été rencontrés : *Phryxe caudata* (Dip : *Tachinidae*), *Villa brunnea* (Dip : *Bombyliidae*)

L'action des parasitoïdes notée montre l'importance du complexe des ennemis naturels dans la régulation des populations de ce ravageur de cèdre.

Mots clés : Processionnaire, cèdre, émergence, papillons, parasitoïdes, diapause.

ABSTRACT

LARVAE PARASITIDS DIVERSITY OF PROCESSIONNERY, *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA SCHIFF* IN THENIET EL HAD NATIONAL PARK

This study is conducted on the emergence of the adult and parasitoids of larvae and nymphal stage. Calculated emergence rate of the adult and parasitoids and chrysalides in diapauses are variable and show a retro-gradation of population.

The emergence of the adult is located between the last week of July and the last week of August. The emergence of the parasitoids is located between the second week of July and the last week of August. Results show correspondence between the cycles of parasitoids and the insects

The mean number of parasites chrysalides is (9,25). However, the mean number of emergence doesn't surpass (1,5). Moreover, the mean number of chrysalides passed on diapauses is (17,25). The mean of emergence stay low.

Two chrysalides parasitoids of *Thaumetopoea pityocampa* on the Atlas cedar in Theniet El Had have been met: *Phryxe caudata* (Dip: *Tachinidae*), *Villa brunnea* (Dip: *Bombyliidae*)

The notable effect of parasitoids demonstrate the complex importance of natural enemies toward the regulation of cedar pest populations

Key words: processionary, cedar, emergence, caterpillar, parasitoids, diapauses

الملخص

دراسة طفيليات يرقات جادوب الصنوبر *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA*

SCHIFF (LEPIDOPTERA: THAUMETOPOEIDAE)

في الحظيرة الوطنية لثنية الحد

تهتم الدراسة بانبثاق الفراشات و طفيليات مرحلة اليرقات والشرنقات .
نسبة انبثاق الفراشات و الطفيليات و أيضا الشرنقات التي في سبات متغيرة وثبتت تراجعاً في المجتمعات .
إن انبثاق الحشرات الكاملة يكون بين الأسبوع الأخير من شهر جويلية والأسبوع الأخير من شهر أوت وانبثاق الطفيليات يكون بين الأسبوع الثاني و الأسبوع الأخير من شهر أوت النتائج تثبت إن هناك نظاماً متزامناً بين دورة الطفيليات و الحشرة .
متوسط عدد الشرنقات الطفيلية يبلغ 9,25. متوسط الانبثاق لا يتجاوز 1,5. منجهة أخرى متوسط الشرنقات التي دخلت في سبات يبلغ 17,25. متوسط الانبثاق يبقى ضعيفاً.
نوعين من طفيليات *Thaumetopoea pityocampa* على الأرز الأطلسي في ثنية الحد وجدت *Phryxe caudata* (Dip : Tachinidae), *Villa brunnea* (Dip : Bombyliidae).
تأثير الطفيليات المذكورة يثبت أهمية مركب الأعداء الطبيعية في تنظيم مجتمعات مكتسح الأرز.

الكلمات الرئيسية : الجادوب , الأرز , انبثاق , الفراشات , التبييض , الطفيليات , السبات .

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à rendre grâce au Dieu tout puissant, de m'avoir donné la force nécessaire pour mener à bien ce travail.

Au terme de ce travail, il nous est particulièrement agréable d'adresser notre entière reconnaissance et nos sincères remerciements à notre chère enseignante Mme GUENDOUZ.BENRIMA.A Professeure au département d'agronomie.

Je tiens également à remercier. Mme TOUAHRIA.S M.A.B à l'université de Blida, pour avoir accepté de Co-promotrice avec ses précieuses aides et leurs précieuses orientations tout au long de notre travail.

Je remercie très sincèrement Mme. SABRI.K., M.A.A à l'université de Blida pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Je remercie également Mr ABDELHAMID.DJ, M.A.A au département d'agronomie à l'université Tiaret pour avoir accepté d'examiner et juger ce travail.

Je remercie également AOUES.K. Maitre assistant B au département d'agronomie à l'université de Blida pour avoir accepté d'examiner et juger ce travail.

Je renouvelle mes amitiés à toute la promotion pour ces belles années en leur charmante compagnie.

DEDICACE

Que ce mémoire soit le symbole de mon amour et ma sympathie à toute personne à laquelle je le dédit :

- Aux deux personnes qui me sont très chères : à celui qui a toujours été le symbole de l'honnêteté et de la fierté « mon père » et à celle qui a consacré sa vie pour nous « ma mère », pour leur patience, leur soutien inestimable et les sacrifices qu'ils ont fait pour ma réussite.

- A ma grande mère.

- A mes adorables frères HAKIM, MOHMED, OMAR et AYMEN et mes sœurs NOURA, YEZA et ISRAA

- A mes cousins et cousines.

- A toute ma famille sans exception.

- A tous mes amis plus particulièrement : FATIH, SAID, KAMEL, FETHI, NASSIM, ABD ELLAH, FAROUK ...etc.

Et je remercie également toute personne ayant contribué de loin ou de près à la réalisation de ce modeste travail.

AHMED

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS

RESUME

ABSTRACT

ملخص

REMERCIEMENTS

DEDICACE

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ILLUSTRATIONS ET GRAPHIQUES ET TABLEAUX

INTRODUCTION

CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE DES DONNÉES SUR LE CÈDRE DE L'ATLAS,

Cedrus atlantica

1.1 Systématique du cèdre de l'Atlas.....	1
1.2 L'aire de répartition du genre <i>Cedrus</i>	2
1.3 Caractéristiques botaniques et écologiques.....	3
1.4 Régénération naturelle du cèdre de l'Atlas.....	4
1.5 Les ennemies du cèdre de l'Atlas.....	5
1.6 Utilisation du cèdre de l'Atlas	6

CHAPITRE 2: DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LA PROCESSIONNAIRE

DU PIN *Thaumetopoea pityocampa* Schiff

1.1 Systématique.....	7
1.2 Aire de répartition de la processionnaire de pin	7
1.3 Plantes hôtes.....	8
1.4 Bioécologie de la processionnaire du pin <i>Thaumetopoea pityocampa</i> Schiff.....	9
1.5 Cycle biologique de <i>Thaumetopoea pityocampa</i>	10
1.5.1 Phase aérienne	11
1.5.1.1 Émergence des papillons	11
1.5.1.2 Accouplement et ponte.....	11
1.5.1.3 Développement larvaire.....	12
1.5.1.4 La procession de nymphose.....	14

1.5.2 Phase souterraine	15
1.6 Dégâts et dommages causés par la processionnaire de pin	16
1.6.2 Risques pour la santé de l'homme et des animaux	17
1.7 Moyens de lutte contre la chenille processionnaire du pin	18
1.7.1 La lutte chimique	18
1.7.2 La lutte mécanique	19
1.7.3 La lutte sylvicole	19
1.7.4 Lutte microbiologique	19
1.7.5 Lutte par l'utilisation des phéromones sexuelles	19
1.7.6 Régulation naturelle	20

CHAPITRE 3 MATERIELS ET METHODES

3.1 Présentation de la zone d'étude	25
3.1.1 Le parc national de Theniet El Had	25
3.2 La végétation	26
3.2.1 La strate arborescente.....	26
3.2.2 La strate arbustive	26
3.2.3 La strate herbacée	26
3.3 Caractéristiques climatiques de la région d'étude	27
3.3.1 Températures	27
3.3.2 Précipitations.....	28
3.3 Synthèse climatique	30
3.3.1. Quotient pluviothermique.....	30
3.3.2 Diagramme ombrothermique.....	31
3.4 Méthodologie d'étude	33
3.4 .1 Objectifs	33
3.4.2 Récolte du matériel biologique	33
3.5 Exploitation des résultats.....	34

CHAPITRE 4 : RESULTATS

4.1 Emergences des papillons et des parasitoïdes	35
4.2 Période d'émergence des papillons de <i>Thaumetopoea pityocampa</i>	36
4.3 Période d'émergence des parasitoïdes de <i>Thaumetopoea pityocampa</i>	36
4.4 Période d'émergence des papillons et des parasitoïdes P1 et P2 de <i>Thaumetopoea pityocampa</i>	37

4.5 L'action des parasitoïdes des stades larvaire et nymphal	38
CHAPITRE 5 : DISCUSSION	39
CONCLUSION	42
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure1.1: Localisation du cèdre de l'Atlas en Algérie	3
Figure1.2 : Le cèdre de l'Atlas (Parc national de Theniet el Had).....	6
Figure 2.1: Aire de répartition de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> en relation avec ses plantes hôtes sur l'ensemble des pays du pourtour méditerranéen	8
Figure2.2 : Cycle de la processionnaire du pin.....	10
Figure 2.3 : 1 : Papillon femelle 2: Papillon mâle.....	11
Figure2.4: Accouplement des papillons de processionnaires du pin	12
Figure 2.5 : Nids d'hivers de chenilles processionnaires du pin.....	13
Figure2.6 : Les différents stades larvaires.....	14
Figure2.7: Procession de chenilles processionnaires du pin	15
Figure2.8 : Les processions de nymphose	15
Figure2.9 : Les chrysalides mâles à gauche et femelle à droite	16
Figure2 .10 : Poils urticants de la chenille processionnaire du pin au microscope électronique.....	18
Figure2.11: Troubles cutanés après contact avec les chenilles processionnaires.....	18
Figure2.12: Calosome sycophante	20
Figure2.13 : La mésange La Huppe fasciée	20
Figure2.14: <i>Ephippiger ephippiger</i>	21
Figure2.15: <i>Baryscapus servadeii</i>	23
Figure2.16: <i>Ooencyrtus pityocampae</i>	23
Figure2.17 : Tachinidae	23
Figure2.18 : <i>Villa brunnea</i> (Becker).....	24
Figure3.1 : Carte de situation de la zone d'étude (Parc National de Theniet el Had) dans l'Ouarsenis Source.....	25
Figure3.2 : Les températures extrêmes enregistrées dans la région de Theniet el Had durant la période annuelle 2002-2012	28
Figure3.3 : Courbe d'accroissement de la pluie avec l'altitude.....	29
Figure3.4: les précipitations moyennes mensuelles enregistrées dans la région de Theniet el Had durant la période annuelle 2002-2012.....	30
Figure3.5: Etage bioclimatique et variante thermique pour la période décennale (2002-2012) de la région de Theniet el Had.....	31

Figure3.6: Diagramme ombrothermique de Gaussen pour la période (2002-2012) de la région Theniet el had	32
Figure3.7 : Les chrysalides prélevées conditionnées individuellement dans des pots en plastique protégés par un tissu fin et numérotés	34
Figure3.8 : émergence du parasitoïde <i>Phryxe caudata</i>	34
Figure4.1 : Diagramme cumulatif des émergences des papillons, des parasitoïdes et des chrysalides en diapause dans les quatre lieux enfouissements	35
Figure4.2 : Fréquence hebdomadaire des émergences des papillons de la processionnaire du pin dans la cédraie du parc national de Theniet el Had	36
Figure4.3 : Fréquence hebdomadaire des émergences des parasites larvaires de la processionnaire du pin dans la cédraie du parc national de Theniet el Had.....	37
Figure4.5: Courbe cumulative des Fréquence hebdomadaire de l'émergence des papillons et des parasitoïdes larvaires de la processionnaire du pin dans la cédraie du parc national de Theniet el Had.....	38
Figure4.6: Comparaison des moyennes chrysalides parasitées dans les quatre lieux d'enfouissement (P1 : <i>Phryxe caudata</i> , P2 : <i>Villa brunnea</i>).....	38
Tableau2.1: Durée moyenne des différents stades larvaires	14
Tableau2.2: Les ennemis naturels de la processionnaire du pin	21
Tableau 3.1 : Moyennes mensuelles des températures extrêmes corrigées pour la période 2002-2012	28
Tableau 3.2 : Moyennes mensuelles des précipitations corrigées pour la période 2002-2012	29
Tableau3.3: Paramètres climatiques du Climagramme d'Emberger du parc national pour 10 années (2002-2012)	31
Tableau 3.4: Valeurs des températures corrigées dans la station étudiée durant l'année 2013.....	32
Tableau 4.1: Synthèse des résultats d'émergence des papillons et des parasitoïdes.....	35

INTROUCTION

INTRODUCTION

La forêt revêt un intérêt particulièrement considérable, car elle forme un élément essentiel de l'équilibre écologique, physique, climatique et socio-économique des régions rurales en particulier. La forêt algérienne a été profondément marquée par les défrichements, les incendies et le surpâturage. Le patrimoine forestier algérien est constitué, de 65% de massifs dégradés (ABDELMOUMEN, 2009).

Le cèdre est sans doute l'essence forestière la plus emblématique du paysage de Nord-Africain. En Algérie les cédraies suscitent un intérêt exceptionnel vue leur importance socioéconomique. Elles sont localisées dans des parcs nationaux. De nombreux travaux ont été consacrés à cette espèce. Ainsi M'HIRIT (1982, 1993,2006) ; TOTH (1982, 1984, 1990) ; ROQUES (1983) ; FERRANDES (1983) et RIPERT *et al.*, (1993) ont signalé que le cèdre de l'Atlas est devenu l'essence principale pour les reboisements en montagne.

La protection des forêts contre les parasites, demeure l'une des missions prioritaires de l'administration des forêts. Parmi les parasites menaçant les forêts Algériennes, il y a lieu de citer la chenille processionnaire du pin, qui demeure le parasite le plus dévastateur touchant les peuplements de résineux, plus particulièrement les jeunes reboisements (ANONYME, 2008)

Connue depuis l'Antiquité pour son caractère grégaire, la chenille processionnaire du pin provoque des dégâts forestiers considérables, pouvant aller jusqu'à la modification du paysage et engendrer d'importantes pertes économiques. Outre ces conséquences écologiques, ses poils urticants affectent la santé publique (JULIE, 2011)

La processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera ; Thaumetopoeidae) est un insecte ravageur présent dans l'ensemble des forêts résineuses. Ses pullulations sont cycliques avec des défoliations non négligeables dans les forêts naturelles, mais les plus sévères sont observées dans les reboisements (ZAMOUM, 1998 et 2002).

L'utilisation des parasites et prédateurs naturels de la chenille processionnaire du pin peut être envisagée comme un moyen important de lutte

biologique. Les auxiliaires de *T. pityocampa* sont nombreux (insectes, champignons, virus, bactéries, oiseaux, chauvesouris...) et peuvent agir à tous les stades de développement de l'insecte (œufs, chenilles, chrysalides ou papillons). L'inventaire de ces espèces est donc très utile pour asseoir une lutte efficace.

Le but de notre étude est d'inventorier les ennemis naturels des populations larvaires et de rechercher les informations qui peuvent contribuer de lutter contre la processionnaire du pin qui sévit dans les peuplements de cèdre dans le Parc National de Theniet El .

La première partie de ce travail est consacrée à une synthèse bibliographique sur la processionnaire du pin. La seconde partie traite la synthèse des données sur le cèdre de l'atlas, *cedrus atlantica*. Dans la troisième partie, nous présentons la zone d'étude, le matériel utilisé et les méthodes adoptées. Le quatrième chapitre concerne les résultats, et les discussions font l'objet du dernier chapitre.

CHAPITRE 01

SYNTHESE DES DONNEES SUR LE CEDRE DE L'ATLAS, *CEDRUS ATLANTICA MANETTI*

CHAPITRE 1

SYNTHESE DES DONNEES SUR LE CEDRE DE L'ATLAS, *CEDRUS ATLANTICA*

1.1 Systématique du cèdre de l'Atlas

Les études taxonomiques et phylogénétiques récentes basant sur des marqueurs génétiques, ont démontré que le genre *Cedrus* comprend trois espèces, *Cedrus atlantica*, *Cedrus deodara* et *Cedrus libani*, qui lui-même englobe trois sous espèces : *Cedrus libani* spp.*libani* (Liban), *Cedrus libani* spp.*stenocoma* (Turquie) et *Cedrus libani* spp.*brevifolia* (Chypre) (SABATIER *et al.*, 2003 in SEBTI ,2011).

Selon EMBERGER 1971, la position taxonomique du cèdre de l'atlas est :

Embranchement:	Spermaphytes
Sous embranchement:	Gymnospermes
Classe:	Conifères; dicotylédones
Ordre:	Coniférales
Famille:	Pinacées
Sous famille:	Abietées
Genre:	<i>Cedrus</i>
Espèce :	<i>atlantica</i> (MANETTI).
Nom français:	Cèdre de l'Atlas
Nom Anglais:	Atlas cedar
Nom Arabe:	Meddad, El-arz

1.2 L'aire de répartition du genre *Cedrus*

Le genre *Cedrus* comprend quatre espèces (TOTH, 2005): *Cedrus Libani* Barrel, *Cedrus deodara* London, *Cedrus brevifolia* Henry, *Cedrus atlantica* Manetti.

Les cèdres de l'Atlas et du Liban constituent aujourd'hui encore d'importants boisements au Maroc, en Algérie et en Turquie (RAMADE, 1997). Endémique des montagnes du Maghreb, *Cedrus atlantica* représente par excellence l'essence noble des forêts marocaines et Algériennes (QUEZEL *et al.*, 2003; RAYMOND, 2000). Au Maroc Il occupe le Rif (10 000ha) le moyen Atlas oriental (10 000ha), le moyen Atlas tabulaire (60 000ha) et le haut Atlas oriental (moins de 10 000ha) (QUEZEL *et al.*, 2003).

En Algérie, l'aire de cèdre est morcelée et couvre 30.400ha soit 1.3% de la superficie forestière du pays (BOUAB, 2006) (Figure 1.1). Il se répartit comme suit :

Les cédraies de l'Atlas tellien (cédraies, humides) :

- La cédraie de Djurdjura (Tala Guilef, Ait Ouabane et Tikijda) 2000ha (BOUDY, 1950, QUEZEL *et al.*, 2003).
- La cédraie de Chréa (1000ha).
- La cédraie des Babors (500ha) (QUEZEL *et al.*, 2003).
- La cédraie de l'Ouarsenis (1500ha) (SEIGUE, 1985).

Les cédraies de l'Atlas saharien (cédraies, sèches):

- La cédraie des Aurès 17000ha (BOUDY, 1950; ABDESSAMED, 1981).
- La cédraie des Monts de Hodna 8000ha (QUEZEL *et al.*, 2003).

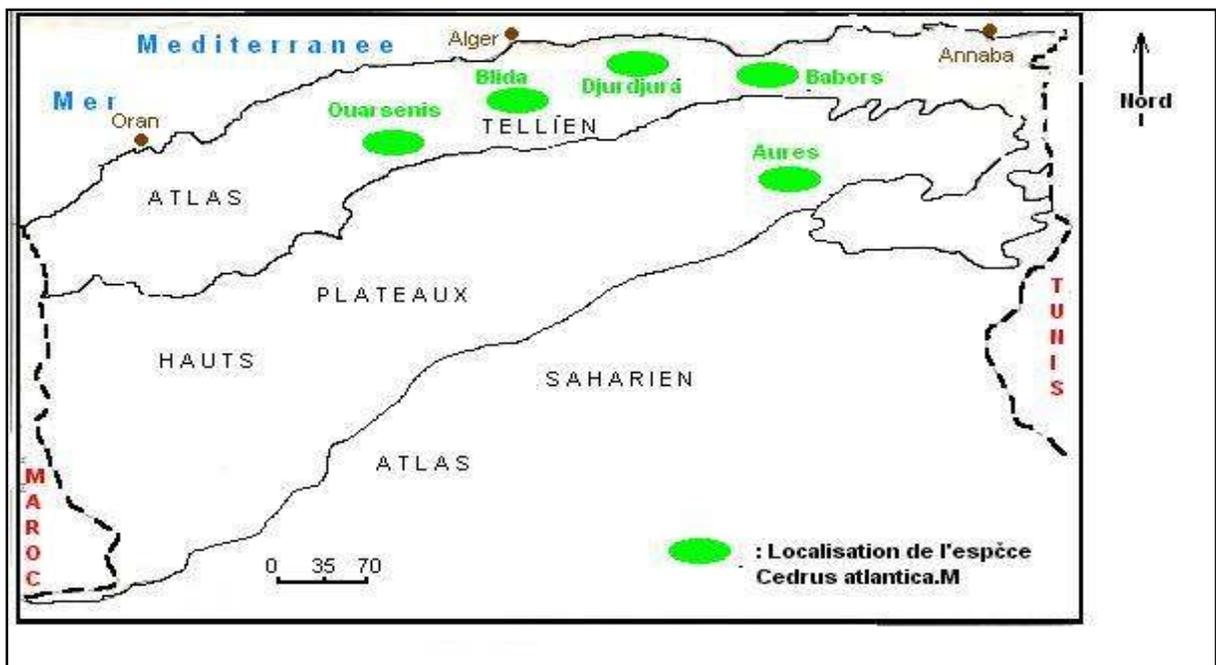


Figure 1.1: Localisation du cèdre de l'Atlas en Algérie (M'HIRIT et al, 1993)

1.3 Caractéristiques botaniques et écologiques

Le cèdre de l'Atlas est un arbre de première grandeur dépassant 50m et peut atteindre 60m (BOUDY, 1952). Sa longévité est de 600 à 700 ans, il peut même atteindre 1000 ans. Il a un fût rectiligne, des branches fines et les cimes sont réduites et coniques. Les branches sont très grosses, horizontales ou légèrement dressées, le tronc de l'arbre se termine par une flèche très souple qui se brise ou se courbe prématurément notamment sur les terrains pauvres pour former une table. Son écorce est lisse de couleur brune quand le sujet est jeune, ensuite elle forme des petites écailles grises foncées pour devenir enfin crevassée lorsque le sujet est âgé (JACAMON, 1987). Les aiguilles en rosettes sont fines, aigües, vertes, ou glauques et qui persistent sur l'arbre trois ans (LEDANT, 1975). Les graines du cèdre ne se conservent pas plus de 6 mois (BOUDY, 1952). D'après NIVERT (2001). C'est un arbre essentiellement montagnard, généralement moins rustique et moins plastique et moins résistant que les autres essences peuplant la montagne (BOUDY, 1950; 1952). Dans son aire naturelle, le cèdre de l'Atlas occupe les montagnes entre 1200 et 2800m d'altitude (GERARD, 2005a). En Algérie, on le rencontre de 1400 à 2200m d'altitude (BOUDY, 1950-1952; LETREUCH, 1991). En versant Nord, il trouve de bonnes conditions de croissance à basse altitude, IL s'élève moins haut. En versant Sud sa limite basse est plus élevée et il monte davantage en altitude (1200m et plus) (GERARD, 2005a). D'une manière générale, le cèdre se trouve sur les versants exposés au Nord et au Nord-Ouest (EMBERGER, 1938).

Les cédraies sont des forêts naturelles des montagnes froides et régulièrement enneigées. Elles occupent les étages bioclimatiques : humide à hiver frais et froid, subhumides à hiver froid et frais et l'étage semi aride à hiver froid (LETREUCH, 1991; BOUDY, 1950-1952; HALIMI, 1980 ; JACAMON, 1997).

Par sa résistance aux amplitudes thermiques et hydriques, le cèdre remplace le pin d'Alep dans les montagnes froides à tranches pluviométriques élevées, mais si les montagnes sont très sèches et très froides, le cèdre est remplacé par le genévrier ou le chêne vert (HALIMI, 1980; ZEDEK, 1993).

En Algérie, les cédraies sont en étage subhumide avec 700 mm, et semi aride, mais la station préférée du cèdre est l'étage humide froid (850 à 1200mm) ou se trouve les 3/4 des cédraies du Maroc (ZEMIRLI, 2006). Le *Cèdre de l'Atlas* demande une pluviométrie annuelle égale à 900 mm (QUEZEL, 1976). Il résiste très bien aux basses températures (-25C°) (LANIER, 1986). Il trouve les meilleurs conditions de végétation pour des températures moyennes comprises entre +8 et +14C° (GERARD, 2005a). Il supporte facilement la neige et ce grâce à sa ramure étalée et flexible. Il craint les gelées précoces qui peuvent détruire son feuillage (GERARD, 2005a; NIVERT, 2001). Les arbres sains résistent bien au vent et les chablis sont rares, il craint les vents froids et desséchants d'altitude (GERARD, 2005a). La grêle est néfaste surtout en période de germination et de la floraison.

Le cèdre de l'Atlas assure les meilleures productions dans les sols limoneux, alors qu'il présente une croissance médiocre dans les sols argileux (ou marneux). Il trouve les meilleures conditions de croissance dans les sols issus de roches mères cristallines (profonds, peu compacts, bien alimentés en eau et à pH voisin de 4) (GERARD, 2005a ; BOUDY, 1950 – 1952 ; JACAMON, 1997 ; NIVERT, 2001; RIPERT et BOISSEAU, 1994).

1.4 Régénération naturelle du cèdre de l'Atlas

La régénération des peuplements de cèdre est déficiente même inexistante par endroits, la majorité des semis n'arrivent pas à maturité (BATEL, 1990). La régénération naturelle du cèdre est très exigeante. Il craint beaucoup la sécheresse, il ne supporte pas plus de 2 à 3 semaines de période sèche, cette particularité explique les caractères aléatoires des régénérations au sein des

cédraies algériennes (BELKAID, 1988). Il préfère des Sols profonds, meubles, de texture légère et riche en sodium et magnésium. La présence d'un sous bois de chêne vert permet d'assurer une protection des jeunes semis contre le stress hydrique estival. La litière du cèdre dotée d'une grande facilité de décomposition est extrêmement favorable à la germination des graines et à la survie des plantes si la lumière est suffisante. Elle n'a donc pas un effet négatif sur la régénération du cèdre (TOTH, 1978). Le parcours devrait être interdit sur une durée assez longue dans la zone à régénérer (en général 20ans) (BOUDY, 1952; EZZAHIRI et BELGHAZI, 2000; BELKAID, 1988).

1.5 Les ennemis du cèdre de l'Atlas

Les cédraies, particulièrement celles les plus méridionales n'échappent pas aux attaques d'insectes. La chenille processionnaire du cèdre (*Thaumetopea bonjeani*) et la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopea pityocampa*) sont des ravageurs qui attaquent les aiguilles des arbres (BOUDY, 1950). La tordeuse (*Epinotia cedria*) du Cèdre est un défoliateur qui attaque l'arbre entier indépendamment de son âge et de sa situation dans le massif forestier (MOUNA, 1986 ; LADJAL, 2007).

Selon M'HIRIT et *al.*, (2006), *l'Epinotia algeriensis*, peut pulluler et constituer un danger, ou, aussi vivre dans l'aire du cèdre à l'état de latence sans présenter de risques pour l'arbre. Le chalcidien seminivore (*Megastigmus pinsopinis*) est un insecte parasite de la graine en particulier durant les années de faible production (TOTH, 1978). Le puceron de cèdre (*Cedrobium loportei*) est caractérisé par la production du miellat, qui colle aux feuilles et gêne l'assimilation chlorophyllienne.

Parmi les champignons qui causent des dégâts redoutables au cèdre le *Polyporus officinalis* (BOUDY, 1952) et *Armillaria milla* qui attaque surtout les racines et le tronc, ce champignon se développe surtout sur les arbres affaiblis par une cause quelconque (MALKI, 1992).

De toutes les espèces qui composent la forêt méditerranéenne, le cèdre est le moins inflammable et le moins combustible. En peuplement dense, le cèdre élimine toute végétation herbacée, de ce fait il est peu propice au feu (BOUDY, 1950 ; TOTH, 1970).

Certains animaux peuvent constituer un danger pour le cèdre et sa régénération. Le sanglier est un destructeur qui endommage la régénération

naturelle du cèdre par son mode de nourriture et notamment par le piétinement des semis. Le bétail Bovin lâché en liberté dans la forêt cause lui aussi de terribles dégâts par leur empiétement qui compacte le sol (MAZIRT, 1991 ; BELKHIRI, 1993). Les jeunes cèdres n'échappent pas à leur tour à la dent du bétail, qui en broute les parties terminales vertes. De tels arbres, même s'ils grandissent donneront des individus avec des paramètres dendrométriques en dessous de la moyenne (faible production, hauteur insuffisantes) (BNEF, 1985).

D'une manière générale, le pacage incontrôlé constitue l'une des principales causes de la destruction des écosystèmes forestiers.

1.6 Utilisation du cèdre de l'Atlas

Le cèdre de l'Atlas peut être utilisé comme arbre d'ornement dans les parcs et les jardins publics. Il a également servi à reboiser une partie du Sud de la France (Mont Ventoux et Vaucluse). Son bois noble à texture remarquable est utilisé en ébénisterie et il sert comme bois d'œuvre. Le cèdre peut également produire une huile essentielle aromatique qui a des propriétés antiseptiques. Les aiguilles sont par ailleurs utilisées comme fourrage pour le bétail durant les périodes d'enneigement. (Figure1.2)



Figure1.2 : Le cèdre de l'Atlas (Parc national de Théniet El Had) (photo originale)

CHAPITRE 02

DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LA PROCESSIONNAIRE DU PIN *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA SCHIFF*

CHAPITRE 2: DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES SUR LA PROCESSIONNAIRE DU PIN *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* *SCHIFF*

2.1 Systématique

La processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa*, a été décrite par Denis et Schiffer & müller en 1775 dans le genre *Bombyx*. En 1822, HUBNER créa le genre *Thaumetopoea* pour toutes les espèces incluses aujourd'hui dans la famille des *Thaumetopoeidae*. Stephens, fit passer en 1928 toutes les espèces du genre *Thaumetopoea* dans le genre *Cnethocampa*, qu'il a placé dans la famille des *Notodontidae* (AGENJO, 1941).

La processionnaire fait partie de :

Classe : *Insecta*

Ordre : *Lépidoptera*

Famille : *Notodontidae*

Genre : *Thaumetopoea*

Espèce : *pityocampa*

Noms communs : Processionnaire du pin (français)

Pine processionary (anglais).

(العربية) جادوب الصنوبر

2.2 Aire de répartition de la processionnaire de pin

La processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* est présente dans l'ensemble du bassin méditerranéen. Depuis quelques années, cette espèce fait l'objet de plusieurs recherches fondamentales en écologie, et en génétique des populations (DEMOLIN et *al.*, in SEBTI, 2011). En Algérie, depuis l'indépendance, l'accroissement des reboisements en pin d'Alep, *Pinus halepensis* L, a entraîné une prolifération de la processionnaire du pin, mettant en danger les jeunes reboisements. L'aire de répartition s'est largement étendue sur des jeunes plantations dans tout le territoire national. Un examen critique des résultats des enquêtes de 1977-1983 a montré, clairement que l'ampleur de l'infestation par la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa Schiff*) à dépasser nettement le seuil tolérable. (ANONYME, 1980-1984). La répartition géographique de la

chenille processionnaire du pin dépend de plusieurs facteurs écologiques : l'ensoleillement, la photopériode, la température, l'altitude et la latitude. Les facteurs climatiques (gel, chaleur...), la présence de prédateurs et parasites, ainsi que la quantité et la qualité des ressources alimentaires (qui conditionnent notamment la fécondité des femelles) participent ainsi aux importantes variations de niveaux de populations Appelées « gradations » (SEBTI, 2011). L'évolution réelle de l'aire de répartition entre 1969 et 1996 a été étudiée par (DEMOLIN *et al.*, 1969, 1996) qui montrent une progression de l'insecte vers le Nord de la France. Cette progression est due au réchauffement climatique global observé depuis le début des années 70 en Europe du Nord. Cette hypothèse est confirmée par (GOUSSARD *et al.*, 1998 et HODAR *et al.*, 2003) qui constatent une progression en altitude de l'espèce. (Figure 2.1).

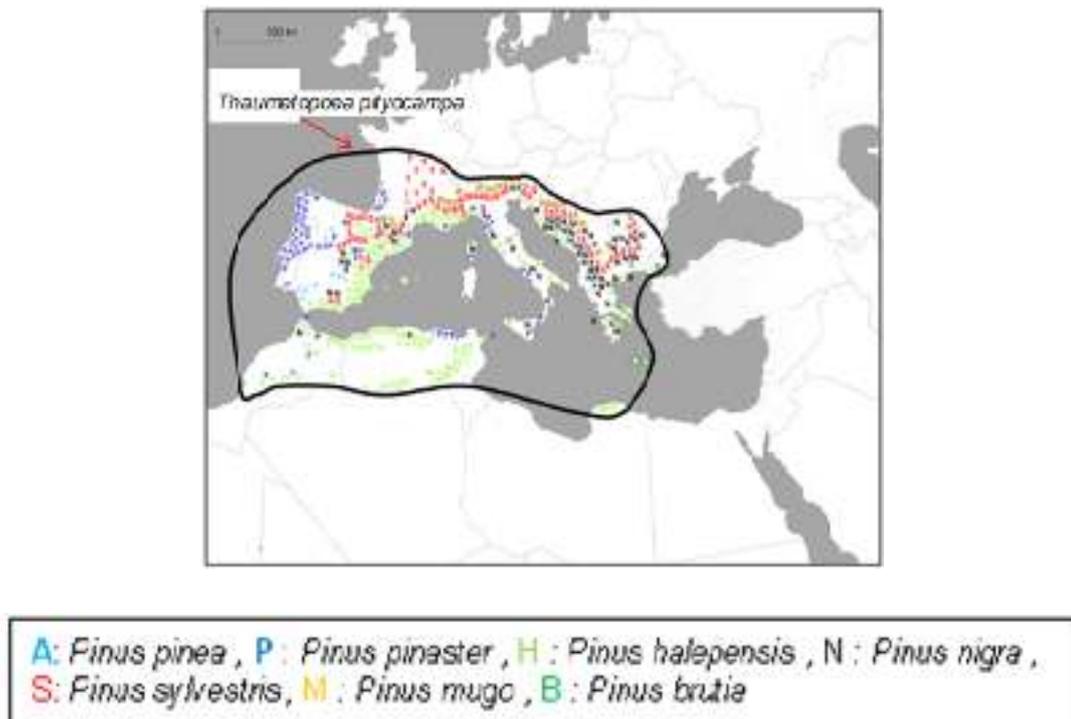


Figure 2.1: Aire de répartition de *Thaumetopoea pityocampa* en relation avec ses plantes hôtes sur l'ensemble des pays du pourtour méditerranéen (KERDELHUE *et al.*, 2009)

2.3 Plantes hôtes

La processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* est un insecte phytophage, elle se nourrit des aiguilles de pins et de cèdres. Il est possible

d'établir une classification des arbres hôtes, selon les préférences de la chenille processionnaire (MARTIN, 2005)

- Pin noir (*Pinus nigra*)
- Pin Laricio de Corse (*Pinus nigra*)
- Pin Laricio Sulzmann (*Pinus nigra*)
- Pin maritime (*Pinus pinaster*)
- Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*)
- Pin d'Alep (*Pinus halepensis*)
- Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*),
- Cèdre du Liban (*Cedrus libani*)

C'est la femelle, lors de la ponte, qui réalise cette distinction entre les diverses espèces d'arbres. Le diamètre reste le critère principal dans le choix de l'arbre, ainsi DEMOLIN (1969) note que cet ordre s'explique par le fait que le premier critère de ponte de la femelle est le diamètre des aiguilles.

La plante-hôte influence aussi le développement larvaire. La survie des larves est supérieure sur *Pinus sylvestris* et *Pinus nigra* que sur *Pinus pinaster* et *Pinus halepensis* (MONTROYA, 1984). Dans des essais de plein champ dans la région de Thessalonique (nord de la Grèce), les larves se sont développées plus rapidement sur *Pinus radiata* que sur *Pinus pinea* (AVTZIS, 1986). Il ne faut néanmoins pas croire que ces différences s'appliquent en dehors de la zone observée. Par exemple, *Pinus pinaster* n'est pas très attaqué en Corse dans le sud de la France ou en Espagne mais est attaqué de façon significative dans les Landes (France). *Cedrus* n'est pas attaqué dans la région du Mont Ventoux (France), mais porte de grosses colonies en Afrique du Nord (GERI, 1980). Toutes les espèces de *Pinus* et *Cedrus* sont attaqués. La sensibilité des espèces est variable, en partie à cause de facteurs physiques tels que la morphologie et la dimension des aiguilles dont la ponte dépend (DÉMOLIN, 1969).

2.4 Bioécologie de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa*

Schiff

On désigne sous le non de processionnaire, des chenilles grégaires qui construisent des nids de soie leur servant de refuge collectif, et qui se déplacent à la queue lors en procession de nymphose. Les chenilles processionnaires se reconnaissent à leurs huit paires de pattes (dont deux paires sont de fausses

pattes abdominales). La conséquence du grégarisme est l'apparition d'un effet de groupe caractérisé par la coordination des activités individuelles en une activité collective qui se manifeste par la construction du nid (GROJEAN *et al* in SEBTI, 2011).

2.5 Cycle biologique de *Thaumetopoea pityocampa*

Le cycle de développement de la chenille processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* se divise en deux principales étapes :

L'une aérienne sur l'arbre caractérisant l'évolution larvaire et l'autre souterraine caractérisant la nymphose (HUCHON et DEMOLIN, 1970). Ce cycle est habituellement annuel, mais il peut se prolonger jusqu'à cinq ans selon les conditions environnementales: la température et l'ensoleillement, l'altitude et la latitude, peuvent en effet fortement influencer le déclenchement des différents stades (HUCHON et DEMOLIN, 1970) (Figure1.2).

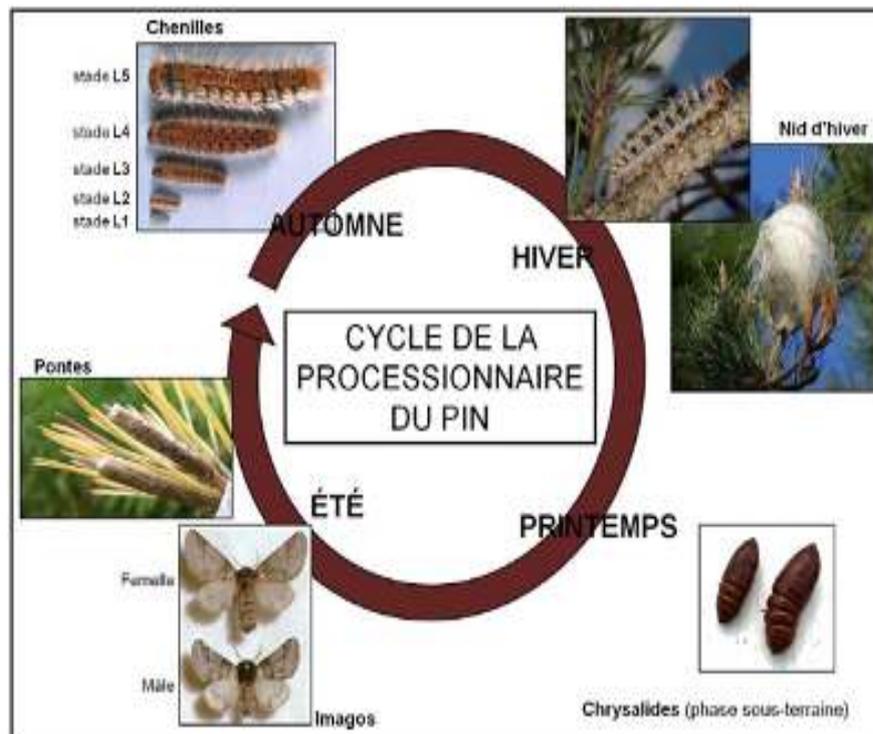


Figure2.2 : Cycle de la processionnaire du pin (MAÏMITI, 2010)

2.5.1 Phase aérienne

2.5.1.1 Émergence des papillons

Les observations faites par Démolin (DEMOLIN, 1969), rendent bien compte de la phase adulte du cycle de vie de *Thaumetopoea pityocampa*. L'émergence des adultes a lieu au cours des mois de juillet et août, au coucher du soleil. L'heure exacte varie en fonction de la pression atmosphérique journalière. Les mâles émergent environ une demi-heure avant les femelles. La sortie du cocon se fait grâce à la présence de crêtes sclérifiées (canthus) situées sur la tête du papillon, qui " découpent " l'enveloppe. Le ratio mâle/femelle est généralement proche de 1. Les imagos mâles sont plus petits que les femelles. Immédiatement après sa sortie de terre, le papillon va gagner un emplacement surélevé proche (tige, caillou, branche...) sur lequel va avoir lieu le déploiement des ailes. A la tombée de la nuit, les mâles s'envolent, alors que les femelles cherchent un endroit de repos (GUERRERO et al, 1981).

Morphologiquement, L'envergure alaire des femelles est de 36-49 mm, celles des mâles de 31-39 mm. Les antennes sont filiformes chez la femelle et pectinées chez les mâles. Les deux ont un thorax poilu. L'abdomen est vigoureux et ses derniers segments sont couverts d'un bourrelet de grandes écailles, (l'abdomen des mâles est velu et pointu), Les ailes antérieures sont gris cendré terne; les nervures, bordures et trois bandes transversales sont plus sombres. Les ailes postérieures sont blanches, à franges grises, avec une tache noire caractéristique au niveau de la région anale (DEMOLIN, 1969b). (Figure 2.3)



Figure 2.3 : 1 : Papillon femelle 2: Papillon mâle (DEMOLIN G)

2.5.1.2 Accouplement et ponte

Au bout de quelques heures, les femelles émettent une phéromone sexuelle pour orienter le vol des mâles et appelée " pityolure ". Après

l'accouplement qui dure une heure environ, les deux papillons prennent leur envol. Le mâle meurt un à deux jours plus tard (GUERRERO et *al*, 1981) et la femelle se pose sur un pin. Elle pond autour de deux aiguilles, pendant environ trois ou quatre heures. En l'absence de site favorable, elle pourra parcourir plusieurs kilomètres en effectuant un vol à une vitesse de l'ordre de 10 à 15 Km/h pour conquérir d'autres territoires (GACHI ,1996). Ceci facilite l'extension rapide du foyer d'infestation. (Figure2.4)



Figure2.4: Accouplement des papillons de processionnaires du pin (MARTIN, 2005, Photo DEMOLIN G)

La ponte a une forme de manchon et mesure près de cinq centimètres de long. Elle contient environ 200 œufs. Ceux-ci sont recouverts d'écailles provenant de l'extrémité de l'abdomen de la femelle, qui va rapidement s'envoler puis mourir quelques heures après (GUERRERO et *al*, 1981). Les pontes comptent en fonction du stade de gradation de la population de 70 à 300 œufs (DEMOLIN, 1969b et GACHI, 1996).

2.5.1.3 Développement larvaire

L'éclosion des œufs survient 30 à 45 jours après émergences, l'évolution larvaire s'effectue sur le végétal hôte en cinq stades (L_1 à L_5), au cours desquels les chenilles d'une même ponte resteront groupées. Du fait d'un développement hivernal, ce grégarisme est essentiel à leur survie (DEMOLIN, 1969b). La durée des stades larvaires est en fonction de la température et de l'ensoleillement (KERRIS, 1983). La chenille du premier stade est de couleur vert pomme terne, longue de 3mm. Après la deuxième mue les chenilles prennent un aspect définitif. Elles atteignent au dernier stade près de 5cm de longueur et acquièrent une couleur brun roux avec des soies latérales blanches (DEMOLIN, 1969). Les chenilles des trois premiers stades édifient des pré-nids en soie sur les aiguilles et se déplacent de branche en branche en étant reliées entre elles par des fils de

soie (DAJOZ, 1998). Les jeunes chenilles (L_1 à L_2) attaquant les aiguilles de pin aux alentours immédiat de la ponte. La colonie change de place au fur et à mesure des besoins et la population. Elle se regroupe à la base des rameaux particulièrement pour muer (DEMOLIN, 1969). Elles laissent alors à chaque emplacement un réseau de soie très léger (appelé pré-nid) dans lesquels on retrouve, après 12 jours, les exuvies des L_1 puis, 20 jours plus tard, celle des L_2 (GACHI, 1996). L'arbre attaqué présente vite des extrémités de branches roussâtre et jaune clair qui identifient les stations successives des colonies. Peu de temps avant l'hiver (mi-novembre), les chenilles tissent sur un emplacement le plus ensoleillé du pin un habitat collectif définitif appelé le nid d'hiver, c'est un véritable radiateur solaire appelé nid d'hiver pouvant atteindre jusqu'à 20 cm où les chenilles passent l'hiver (KERRIS, 1983 ; et GACHI, 1996).

La qualité de la structure des nids d'hiver représente un des facteurs essentiels de survie pour les colonies de chenilles car elle permet, en plus de l'effet de masse, une compensation thermique au cours de la saison hivernale (DEMOLIN, 1967). De plus, le nid est en mesure de jouer un rôle d'abri et de protection pour les chenilles contre l'action des différents ennemis naturels dont les parasitoïdes et autres. Au troisième stade larvaire (L_3), les chenilles deviennent urticantes. Les miroirs qui renferment les poils vésicants vont devenir de plus en plus importants jusqu'à la fin du cinquième stade (L_5). A chaque stade larvaire, les chenilles entrent dans une période de mue où elles cessent de s'alimenter (figure 2.5).



Figure 2.5 : Nids d'hivers de chenilles processionnaires du pin (Photo JULIE R. 2011)

Morphologiquement Au stade L_1 , les chenilles mesurent deux à trois millimètres et sont de couleur jaune. Leurs soies ornementales dorsales sont

noires, tandis que leurs soies latérales sont blanches et plus longues. Leur capsule céphalique, noire, est déjà volumineuse et leur permet dès ce stade de s'attaquer à une nourriture solide et résistante. Les chenilles deviennent rousses au deuxième stade larvaire (stade L2). Le nombre de soies latérales augmente significativement. Ce phénomène s'amplifie encore au troisième stade larvaire (L3) et s'accompagne de l'apparition de poils urticants, localisés à la face dorsale de certains segments abdominaux. L'appareil urticant continue à se développer au cours des deux stades suivants. Au dernier stade (L5), les chenilles processionnaires du pin ont des longueurs variant entre 44 et 49 mm (figure2.6). Les différents stades larvaires ont des durées variables, qui dépendent principalement de la température et de l'ensoleillement (tableau 2.1) (SEBTI, 2011 ; Julie, 2011).



Figure2.6 : Les différents stades larvaires (MARTIN, 2005, Photo DEMOLIN G.) (*Échelle réelle*).

Tableau2.1: Durée moyenne des différents stades larvaires (MARTIN, 2005, d'après DEMOLIN G.)

Mouvements des colonies	Stades larvaires	Durée des stades (en jours)		
Pré-nids	L1	12		
Déplacement régulier des colonies	L2	14		
	L3	30		
Nid d'hiver, emplacement définitif	L4	Hiver doux	Tempéré	Froid
		30	60	90
	L5	30	60	90

2.5.1.4 La procession de nymphose

Les processions de nymphose (figure2.7 et 2.8) ont lieu à la fin du cinquième stade larvaire (L₅), le plus souvent dès la mi-février jusqu'au mois d'avril, suivant la

rigueur de l'hiver et de l'étage bioclimatique (KERRIS, 1983). Les processions n'ont lieu que lorsque la température du sol est comprise entre 10° et + 22° C; aux températures inférieures les chenilles restent groupées à la surface du sol. Aux températures supérieures, elles s'enterrent. Par conséquent si le sol est froid les enfouissements auront lieu surtout au milieu des clairières; mais s'il fait chaud ils pourront se faire en sous-bois et même au pied des arbres (GACHI, 1996). La procession est guidée par une chenille qui est le plus souvent une femelle, et se dirige vers la zone la plus éclairée et la plus chaude (DEMOLIN, 1969).



Figure2.7: Procession de chenilles processionnaires du pin (OGER, 2010).



Figure2.8 : Les processions de nymphe (FRAVAL, 2007 photo MARTHA B.)

2.5.2 Phase souterraine

Après l'enfouissement de la colonie à quelques centimètres (de 5 à 20 cm) sous terre, les chenilles tissent des cocons individuels et se transforment en chrysalides (Figure2.9). Le développement s'arrête et les chenilles L5 se transforment en chrysalides, c'est la nymphe. La chrysalide complètement formée, entre en diapause obligatoire (arrêt de développement de la nymphe et formation de l'adulte), Elles restent dans cet état pendant plusieurs mois ou parfois plusieurs années selon les régions (ZAMOUM et al, 2005). La durée de la

phase souterraine est très variable. Certaines nymphes et parfois même la totalité des nymphes peuvent ne pas se transformer en adultes l'année de la nymphose, la nymphose s'étendant alors jusqu'à l'année suivante et parfois au de-là (ROBREDO, 1963). Au bout de quelques mois, chaque chrysalide se métamorphose en papillon. En été, les papillons sortent de la terre et marquent le début d'un autre cycle.



Figure2.9 : Les chrysalides mâle à gauche et femelle à droite (MARTIN, 2005).

2.6 Dégâts et Dommages causés par la processionnaire de pin

2.6.1 Défoliations des arbres hôtes

Les défoliations peuvent être particulièrement importantes en hiver et au printemps si le niveau de population est élevé. Des essais de défeuillaison artificielle effectués en Tunisie montrent que les pins d'Alep régulièrement défeuillés subissent une perte de croissance en hauteur pouvant atteindre 30 à 40% sur des arbres de 5 ans (DEMOLIN, RIVE ,1968). Une population de chenilles de la processionnaire du pin équivalente à 3 bourses provoque une défeuillaison totale sur des pins d'Alep de 10 à 15 ans. La réduction de croissance mesurée pendant la première année qui suit l'année de défeuillaison, est de l'ordre de 35%, tant en circonférence qu'en hauteur (RABASSE, 1967). En calculant les variations d'accroissement des cernes annuels entre les années de fortes et de faibles infestations, les pertes de production en volume atteignent 47% dans la zone des dégâts de défeuillaison importante et 44% dans celle des dégâts de défeuillaison moins importante (BOUCHON et TOTH 1971). LEMOINE (1977) a identifié une réduction de la croissance de la circonférence de 30% après une attaque sur *Pinus pinaster*. Chez les *Pinus nigra*, suite à la défoliation provoquée par *Thaumetopoea pityocampa*, l'anneau de croissance correspondant à l'année suivant une attaque sévère n'apparaît pas, ce qui provoque, une réduction de 35%

de la croissance radiale (LAURENT, 1986). Par ailleurs, les arbres subissant des défoliations successives deviennent attractifs pour les insectes xylophages comme les scolytes. Dans les jeunes reboisements situés en zone semi-aride comme en Algérie, on observe une mortalité sur pied des jeunes arbres soumis à des défoliations répétées. Les larves des deux premiers stades dévorent les aiguilles à proximité des zones des pontes et engendrent des dégâts caractéristiques sous forme de bouquets d'aiguilles jaunes puis rousses. Les chenilles du troisième au cinquième stade consomment souvent la totalité des aiguilles. Une colonie utilise 1,5 à 2 Kg (en poids sec) d'aiguilles et il suffit de 4 ou 5 colonies pour mettre entièrement à nu un arbre de pin de 20 ans (FRAVAL, 2007).

2.6.2 Risques pour la santé de l'homme et des animaux

Les chenilles processionnaires sont recouvertes de poils urticants qui, lorsque se dispersent peuvent provoquer une irritation chez les personnes et les animaux. Les chenilles processionnaires du pin peuvent être pathogènes pour l'homme et les animaux. En effet, elles disposent de poils urticants pouvant provoquer des lésions non seulement par contact direct, mais aussi indirectement, par dissémination aérienne (MARTIN, 2005). L'appareil urticant de la chenille processionnaire se met en place au cours du développement larvaire. A partir du troisième stade larvaire (L3), des poils microscopiques urticants apparaissent progressivement sur la partie dorsale des segments abdominaux. Au dernier stade larvaire, ces plages, dites « miroirs », sont entièrement garnies de poils urticants. (MARTIN, 2005). Ces poils, très légers et fragiles, se détachent très facilement dès que la chenille est inquiétée ou excitée et peuvent être emportés par le vent. Lorsque le poil se brise, dès le premier contact, la substance urticante et allergisante qu'il contient, la « thaumétopoéïne », se libère provoquant des démangeaisons très vives. Les irritations se caractérisent par des érythèmes ou des éruptions prurigineuses accompagnées parfois d'atteintes oculaires ou pulmonaires. Les poils sont très présents dans les nids définitifs puisque deux mues y sont effectuées et peuvent rester urticants pendant plusieurs années s'ils sont préservés de l'humidité (figure 2.10 et 2.11)



Figure 2.10 : Poils urticants de la chenille processionnaire du pin au microscope électronique (VEGA *et al.* ,2004)



Figure2.11: Troubles cutanés après contact avec les chenilles processionnaires
© Photo Démolin

2.7 Moyens de lutte contre la chenille processionnaire du pin

La lutte contre la Chenille processionnaire du pin consiste à protéger les jeunes peuplements, et à limiter les populations de ravageurs à un taux acceptable avec la présence anthropique. Les moyens de lutte contre ce ravageur à grande échelle sont assez limités. La lutte est axée sur quatre aspects : chimique, mécanique, sylvicole et biologique et ce en fonction des surfaces infestées. D'autres méthodes ont été considérées, comme l'utilisation de la phéromone sexuelle à des fins de piégeage de masse.

2.7.1 La lutte chimique

La lutte chimique, utilisée jusqu'au début des années 90, était principalement basée sur l'utilisation d'un insecticide à base de Diflubenzuron, qui s'avérait très efficace (RIBRIOUX ; DOLBEAU, 1975). Cet insecticide utilisé est généralement régulateur de croissance qui perturbe le processus de mue larvaire (MARTIN ,2005). Cependant, cette méthode est bannie aujourd'hui à cause de l'impact écologique du diflubenzuron qui est un insecticide à large spectre (MARTIN ,2005).

2.7.2 La lutte mécanique

La lutte contre la chenille processionnaire du Pin commence par la destruction manuelle des pontes et des nids d'hiver par échenillage. La récolte des pontes se réalise en été avant l'éclosion des œufs. L'opération consiste à couper les rameaux infectés et les brûler. Dès l'apparition des pré-nids et du début de construction des nids d'hiver, il est possible d'appliquer le même procédé : couper les rameaux infectés avec un sécateur et les brûler.

2.7.3 La lutte sylvicole

La lutte sylvicole consiste à planter des essences d'arbres qui ne sont pas sensibles à l'insecte considéré. La diversité des essences forestières réduit généralement la colonisation par la processionnaire du pin et favorise le cortège parasitaire (ennemis naturels) en leur apportant un abri. Les peuplements forestiers mélangés subissent en général moins de dégâts d'herbivores que les peuplements purs (MARTIN ,2005).

2.7.4 Lutte microbiologique

La lutte microbiologique à base de *Bacillus thuringiensis* (Bt) est actuellement la plus utilisée contre la processionnaire (MARTIN et BONNEAU, 2006). A l'échelle mondiale, elle représente 90 % du marché mondial des bio pesticides. Ingestion des toxines présentes à la surface du feuillage (les aiguilles) conduit à la mort des chenilles par perforation de la paroi membranaire des cellules de l'intestin. La bactérie *Bacillus thuringiensis*, plus communément appelé Bt, est utilisée depuis plus de 50 ans pour contrôler les populations d'insectes ravageurs des cultures et des forêts et les vecteurs de maladies humaines. L'application du produit se fait généralement par traitement aérien au cours des premiers stades larvaires. Il semble que le *Bacillus thuringiensis* est aussi efficace contre les chenilles du quatrième et le début du cinquième stade (MARTIN et MAZET ,2001). Ce traitement respectueux de l'environnement doit s'effectuer avant les processions.

2.7.5 Lutte par l'utilisation des phéromones sexuelles

La ptyolure, phéromone sexuelle émise par la femelle, peut être recrée artificiellement. Cette phéromone de synthèse est utilisée par diffusion à l'intérieur de pièges pour un piégeage massif des mâles ou un suivi de population, « le monitoring » (ANNONYME.2005). Le piégeage de masse consiste à quadriller régulièrement une surface sensible avec des pièges à phéromone dans le but de

capturer un maximum d'adultes mâles et ainsi d'éviter la rencontre avec les femelles. Le nombre de pièges à disposer à l'hectare est de 6 à 9 pièges. Quelque soit la taille du dispositif (forêt ou jardin), le nombre est le même. Elle peut aussi être employée, sans piège, pour engendrer une confusion sexuelle afin de réduire les chances de reconnaissance de la femelle par le mâle. La diminution des femelles fécondées va induire une réduction de la descendance (MARTIN et MAZET, 2001).

2.7.6 Régulation naturelle

Les prédateurs de la chenille processionnaire du pin sont nombreux et se différencient par leurs cibles : certains s'attaquent aux œufs, d'autres aux larves, aux chrysalides et aux adultes (papillons). Le principal prédateur des chenilles est le grand calosome, un Coléoptère vivant ordinairement sur le sol. C'est la larve de calosome, qui en fait la plus grosse consommation. Elle monte parfois aux arbres pour chasser ses proies (figure2. 12).



Figure2.12: Calosome sycophante

La Mésange bleue, (*Parus caeruleus*), est considérée aussi comme grande consommatrice de chenilles (figure 2.13) (SEBTI, 2011).



Figure2.13 : La mésange



La Huppe fasciée

Les œufs peuvent être consommés par plusieurs espèces d'Orthoptères, notamment l'éphippigère *Ephippiger ephippiger* (DEMOLIN ET DELMAS, 1967). (figure2.14)



Figure2.14: *Ephippiger ephippiger*

L'hypothèse du rôle des ennemis naturels, proposée par ROOT (1973) et revue par RUSSEL (1989), suggère que la diversité des essences végétales peut favoriser les ennemis naturels en leur apportant un abri, des sites d'oviposition ou d'hibernation, des hôtes ou proies alternatifs, ou encore une alimentation complémentaire pouvant améliorer leur fitness. Les études effectuées sur les taux de parasitisme ou de prédation dans toute l'aire de répartition de la processionnaire du pin montrent que dans certaines régions particulièrement en France, le taux de pontes attaquées peut atteindre 100 %, alors que celui d'œufs détruits atteint 28 % (SCBILIOTTI, 1958). SCHMIDT *et al*, (1999) ont constaté sur la péninsule ibérique un taux de parasitisme de pontes variant de 11,3 à 31,7 %, alors que WAY *et al* (1999) ont observé une régulation naturelle des populations de processionnaires du pin par une fourmi *Linepithema humile*. Une liste des ennemis naturels de la processionnaire à tous les stades de son cycle est illustrée par (le tableau2.2) (BONNET et MARTIN, 2008).

Tableau2.2: Les ennemis naturels de la processionnaire du pin:

Stades	Œuf	Chenille	Chrysalide	Papillon
Parasites	<p><i>Tetrastichus servadeii</i> (Hymenoptera : Eulophidae)</p> <p><i>Oencyrtus pityocampae</i> (Hymenoptera : Encyrtidae)</p> <p><i>Trichogramma sp</i> (Hymenoptera:Trichogrammidae)</p> <p><i>Anastatus bifasciatus</i> (Hymenoptera : Eupelmidae)</p>	<p><i>Phryxe caudata</i> (Diptera : Larvaevridae)</p> <p><i>Compsilura concinnata</i> (Diptera : Tachinidae)</p> <p><i>Ctenophora pavidata</i> (Diptera : Tachinidae)</p> <p><i>Erigorgus femorator</i> (Hymenoptera : Ichneumonidae)</p> <p><i>Meteorus versicolor</i> (Hymenoptera : Braconidae)</p>	<p><i>Villa brunnea</i> (Diptères : Bombyliidae)</p> <p><i>Inchneumon rudis</i> (Hyménoptère : Ichneumonidae)</p> <p><i>Conomorium eremitae</i> (Hyménoptère : Pteromolidae)</p> <p><i>Villa quinquefasciata</i> (Diptères : Bombyliidae).</p> <p><i>Calosoma sycophanta</i>, (Coleoptira : Carabidae)</p>	<p>Guêpes</p> <p>Fourmis</p> <p>Chauves souris insectivores</p>

		<i>Xantandrus comtus</i> (Diptera : Syrphidae)		
Prédateurs	<i>Ephippiger ephippiger</i> (Orthoptera : Tettigoniidae)	<i>Calosoma sycophanta</i> (Coleoptira : Carabidae) Mésange bleue (<i>Parus caeruleus</i>)	<i>Calosoma sycophanta</i> , (Coleoptira : Carabidae) Huppe (<i>Upupa epops</i>)	
Bactéries			<i>Borrelina sp</i> <i>Clostridium sp</i>	
Virus			<i>Smithiavirus pityocampae</i>	
Champignons			<i>Beauveria bassiana</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Scopulariopsis sp</i>	

En ce qui concerne les parasitoïdes, deux espèces principales de parasitoïdes attaquent les œufs de Processionnaire. Leur biologie a été largement étudiée et décrite par Masutti (MASUTTI, 1964) : *Baryscapus servadei* (Domenichini) (Hymenoptera, Eulophidae) (figure 2.15) est une espèce spécialiste dont les dates d'émergence correspondent avec la période de présence des œufs de la processionnaire. Les individus émergés en premier sont capables de parasiter à nouveau les pontes de processionnaire immédiatement après leur émergence, leur permettant de réaliser deux générations par an.



Figure 2.15: *Baryscapus servadeii*

Ooencyrtus pityocampae (Mercet) (Hymenoptera, Encyrtidae) (Figure 2.16) est une espèce généraliste qui a déjà été élevée sur des hôtes variés de défoliateurs de résineux et de feuillus (BATTISTI et al, 1988). Les individus de cette espèce émergent deux mois avant la période de présence des œufs de processionnaires et sont également capables d'accomplir deux générations par an.



Figure 2.16: *Ooencyrtus pityocampae*

Phryxe caudata (Rondani) (Diptera, Tachinidae) (Figure 2.17) est le principal parasitoïde spécialiste des chenilles. Deux générations de cette espèce peuvent se développer sur une même génération de l'hôte. Les œufs de la première génération sont pondus sur les jeunes chenilles de processionnaire à partir du stade L2. Les adultes émergent avant la mue L4/L5 et pondent directement sur les chenilles du stade L5. Les jeunes larves de la seconde génération quittent la chrysalide de l'hôte pour former leur puppe au moment des émergences des papillons (BILIOTTI, 1956).



Figure 2.17 : Tachinidae

Durant sa phase sous-terrine, la processionnaire est essentiellement parasitée par un Diptère, *Villa brunnea* (Becker) (*Diptera, Bombyliidae*) (figure2.18), dont les adultes volent de juillet à septembre. Les femelles déposent leurs œufs durant les heures les plus chaudes de la journée, après les avoir enrobés de terre, en les projetant au sol à l'abri du soleil. Après éclosion, les jeunes larves s'enfoncent dans le sol à la recherche d'un cocon. Elles pénètrent à l'intérieur des chrysalides de processionnaire pour y finir leur développement (DUMERLE, 1979).



Figure2.18 : *Villa brunnea* (Becker)

Les agents pathogènes de la processionnaire du pin notamment *Bacillus thuringiensis* des virus comme *Smithiavirus pityocampae* peuvent également infecter l'insecte au stade larvaire.

CHAPITRE 3
MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE 3

MATERIELS ET METHODES

3.1 Présentation de la zone d'étude

3.1.1 Le parc national de Théniet El Had

Le parc national de Théniet El Had a été créé le 23 juillet 1983, par décret présidentiel N° 83-459 sur une superficie de 3424ha. Il se situe entre les latitudes Nord 35° 54' 4" et 35° 49' 41" et les longitudes Est 02° 02' 4" et 01° 52' 45". La cédraie de Théniet El Had s'étale dans la région septentrionale des monts de l'Ouarsenis. Elle occupe les deux versants de Djebel el Meddad qui fait partie de la chaîne sud de l'Atlas Tellien, et se localise entièrement dans le douar el Meddad de la commune de Theniet-el-had qui se trouve au sud-ouest de la ville à une distance de 1,8 Km (Figure3.1).

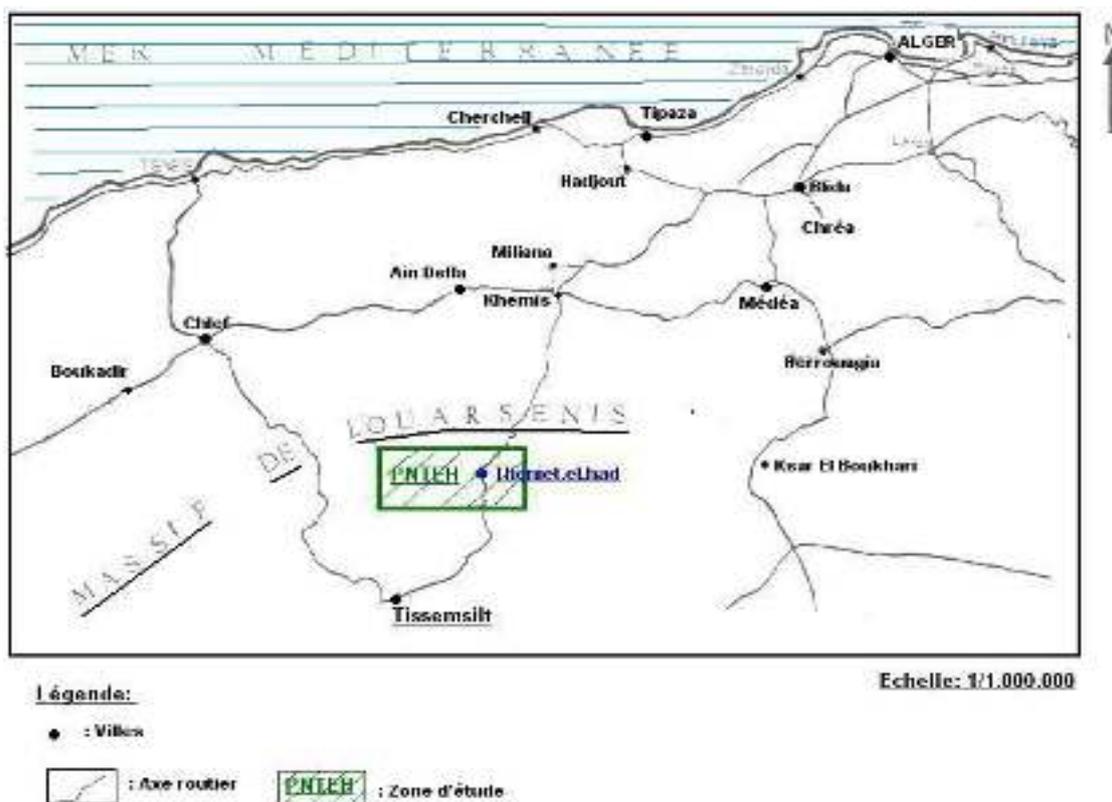


Figure 3.1 : Carte de situation de la zone d'étude (Parc National de Théniet el Had) dans l'Ouarsenis Source : (GACEM et MAAMES, 1998)

Trois types de versants délimitent grossièrement la cédraie, il s'agit des versants nord, sud et ouest. Le versant nord est le plus froid et le plus humide et présente toutes les caractéristiques esthétiques naturelles de la cédraie. L'altitude du point le moins élevé du parc national est de 862 m. Ras-el-Braret est le point culminant de ce massif, avec une altitude de 1787 m. Il constitue ainsi le troisième point culminant du massif de l'Ouarsenis (LOUKKAS, 2006).

La forêt repose sur des grès superposés à des marnes argilo-calcaires (NICAISE, 1868 ; LEFEBVRE, 1894 in ZEDEK, 1993). Dans le parc national de Theniet-el-had, on distingue trois types de sols différents : les sols peu évolués d'apport colluvial, les sols minéraux bruts d'érosion, les sols brunifiés lessivés (ETUDE BULGARE, 1984).

3.2 La végétation

La végétation du parc de Theniet el Had obéit à une distribution verticale, composée par trois strates :

3.2.1 La strate arborescente

Elle est constituée par le cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica*), avec des peuplements âgés en mélange avec de jeunes gaulis, au versant nord. Il est mélangé à du chêne zéen (*Quercus faginea*), moins représenté en exposition sud. Le chêne liège (*Quercus suber*), ainsi que le chêne vert (*Quercus ilex*) représentent la strate arborescente dans leur stade optimale.

3.2.2 La strate arbustive

Une diversité d'espèce se trouve en mélange dans la strate arbustive. Les principales espèces représentées au versant nord sont : *Rubus ulmifolius*, *Rosa sempervirens*, *Crataegus monogyna* et *Rosa canina*.

Au versant sud, en plus des espèces précitées on rencontre le *Juniperus oxycedrus* (ABDELHAMID, 1992).

3.2.3 La strate herbacée

La strate herbacée en exposition nord est riche en espèces, dont principalement : *Géranium atlanticum*, *Viola munbryana*, *Vicia sicula*, *Alliaria officinalis* et *Cynosorus elegans*.

A l'exposition sud, on remarque la prédominance de : *Lonicera implexa*, *Silene fuscata* et *Bromus madrilensis* (BELKAID, 1988).

Pour la subéraie, les principales espèces de la strate herbacée sont représentées par : *Lavandula stoechas*, *Cistus monspeliensis*, *Phlomis bovei*, *Ampelodesma mauritanium* et *Daphné gnidium* (ABDELHAMID, 1992).

3.3 Caractéristiques climatiques de la région d'étude

Les paramètres climatiques jouent un rôle important dans l'étude des conditions de vie de la faune et de la flore. Ils ont des actions multiples sur la physiologie et sur le comportement des insectes et d'autres animaux (DAJOZ, 1998). Dans le cadre de notre étude, nous nous intéressons à deux principales caractéristiques du climat de la région, à savoir la pluviométrie et la température qui agissent sur le développement de la processionnaire

L'absence de station météorologique à Theniet el Had, nous a permis d'exploiter les données de la station météorologique d'Ain Bouchagif, la plus proche et qui se situe au Sud-ouest de la région d'étude à une distance de 100 km de chef-lieu de Theniet el Had

Pour caractériser le climat des stations d'études, nous avons procédé à des corrections à partir de la station météorologique de référence qui se trouve à une altitude de 978m environ. L'altitude de la station d'étude est de 1450m, soit une différence de 472 m.

3.3.1 Températures

La température représente un facteur limitant de toute importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (DAJOZ, 1975).

Les températures extrêmes (maxima et minima) ont un effet très marqué sur la survie de la processionnaire. Des corrections ont été effectuées sur les valeurs enregistrées de 2002 à 2012 par extrapolation selon les coefficients proposés par SELTZER (1946).

Tableau 3.1 : Moyennes mensuelles des températures extrêmes corrigées pour la période 2002-2012

2002/2012	Jan	fév.	Mars	avr	Mai	juin	juil.	Aout	sept	oct.	Nov.	Déc.
T min °C	-1,30	-0,20	0,94	3,46	7,20	12,12	15,97	15,58	11,66	8,26	3,30	0,50
T max °C	8,39	9,47	12,49	15,82	21,3	28,29	32,68	25,55	20,37	12,73	12,73	8,67

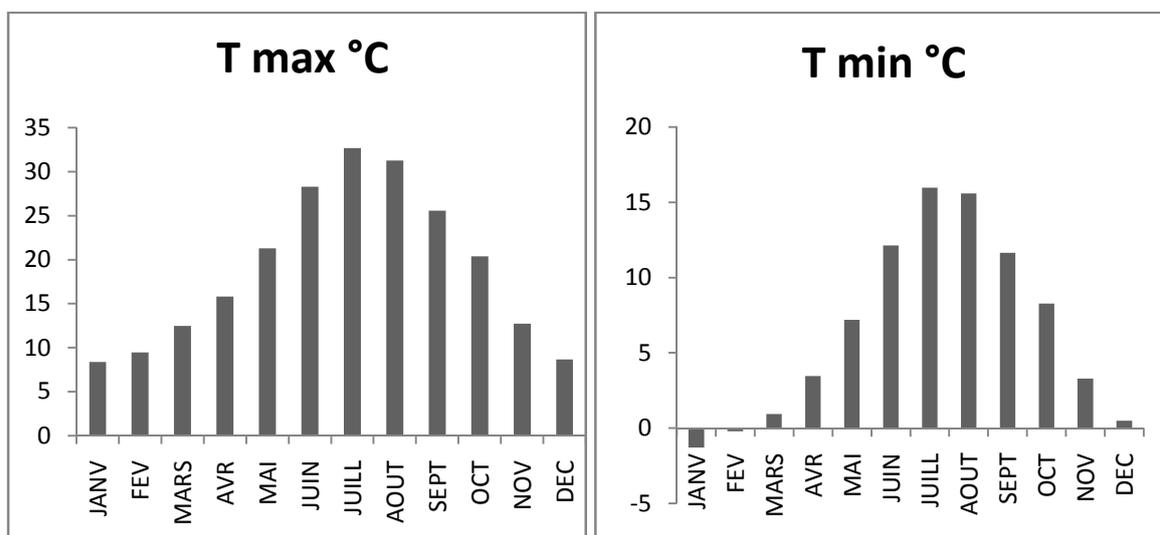


Figure 3.2 : Les températures extrêmes enregistrées dans la région de Theniet el Had durant la période annuelle 2002-2012

Durant la période annuelle de 2002 à 2012, les températures les plus importantes sont enregistrées durant la saison printano- estivale en mai, juin, juillet, aout et septembre avec des valeurs extrêmes comprises entre 30 et 35 °c pour les températures maximales, et 15 et 16 °c pour les températures minimales. Les températures les plus faibles sont enregistrées en automne et en hiver à partir de novembre jusqu'en mois d'avril avec des valeurs de 8 et 15°C pour les températures maximales et -1,5 et 3°C pour les températures minimales. (tableau3.1 figure. 3.2)

3.3.2 Précipitations

Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale, leur répartition annuelle est importante par leur rythme et leur valeur volumique absolue (DAJOZ, 1975). Pour corriger les données pluviométriques, nous avons considéré le gradient de correction de SELTZER (1946) qui indique que la pluviométrie augmente au Nord de 40mm pour 100m d'altitude.

connaître d'une manière plus ou moins approximative la quantité de pluie qui tombe sur les principaux massifs montagneux, suivant laquelle la hauteur de pluie augmente avec l'altitude, SELTZER recommande 3 courbes (figure. 3.3) : celle du littoral (Courbe 1), de l'atlas tellien, département d'Alger et de Constantine (Courbe 2) et de l'atlas tellien, département d'Oran, hautes plaines, atlas saharien, Sahara (Courbe3).

La formule suivante est utilisée pour le calcul de l'accroissement mensuel des précipitations.

$$A = Ni \times X/B$$

- A : Est l'accroissement de la pluie obtenu par projection sur la courbe de SELTZER.
- Ni : Est la valeur à ajouter pour chaque mois.
- B : Est la valeur des précipitations du mois pris en considération.
- X : Est le total des précipitations de l'année ou de la période.

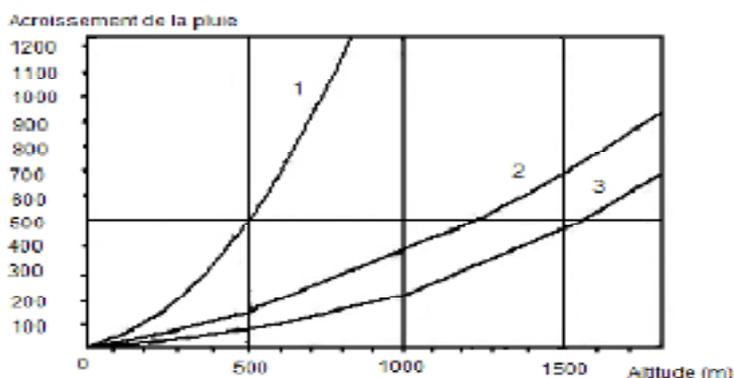


Figure 3.3 : Courbe d'accroissement de la pluie avec l'altitude (SELTZER, 1946).

Tableau 3.2 : Moyennes mensuelles des précipitations corrigées pour la période 2002-2012

2002/2012	jan	fév.	Mars	Avr	mai	Juin	juil.	Aout	sept	oct.	Nov.	Déc.
P mm	61,17	84,39	46,31	67,52	54,65	14,97	5,21	19,81	35,63	63,74	76,80	60,01

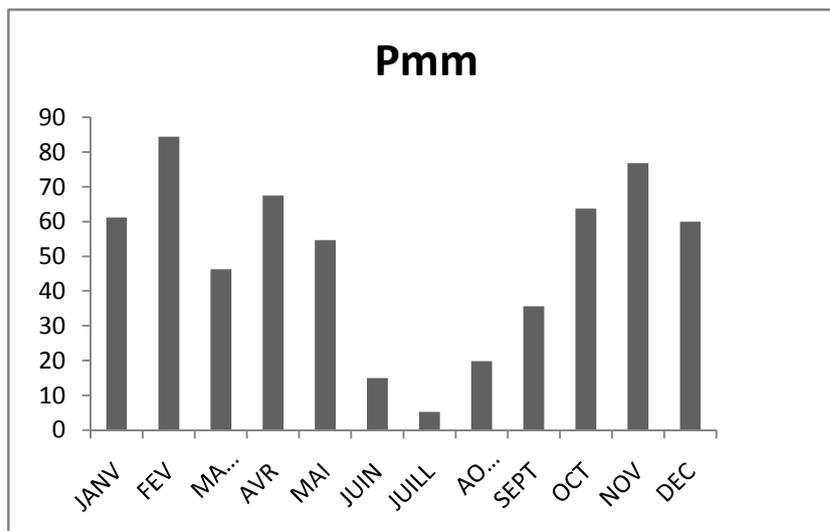


Figure 3.4: les précipitations moyennes mensuelles enregistrées dans la région de Theniet el Had durant la période annuelle 2002-2012

Durant la période annuelle de 2002 à 2011 les quantités de pluie les plus importantes sont enregistrées durant la saison automno-hivernale en janvier, octobre, novembre et décembre avec des valeurs extrêmes comprises entre 85 et 60 mm de pluie et pendant la saison qui s'étale entre mars et mai avec des quantités de 46, 31 mm, 67,52 mm et 54,65 mm respectivement.(figure. 3.4 et tableau 3.2)

3.3 Synthèse climatique

La classification écologique des climats est faite en utilisant essentiellement les deux facteurs les plus importants et les mieux connus : la température et la pluviosité.

3.3.1. Quotient pluviothermique

EMBERGER a proposé une formule modifiée par Stewart (1969) qui tient compte de la variation annuelle de la température et des précipitations : $Q = 3,43 \times P / (M - m)$ où P désigne la pluviosité annuelle (mm), M est la moyenne des maxima du mois le plus chaud et m est la moyenne des minima du mois le plus froid (DAJOZ, 1975). D'après le (tableau 3.3), le quotient ombrothermique d'Emberger place la région Theniet El Had dans l'étage bioclimatique Sub humide à Hiver froids (figure 3.5).

Tableau3.3: Paramètres climatiques du Climagramme d'Emberger du parc national pour 10 années (2002-2012).

P (mm)	m	Q2	Étage bioclimatique	Variante thermique
590,21	-1,3	59,57	Sub humide	Hiver froid

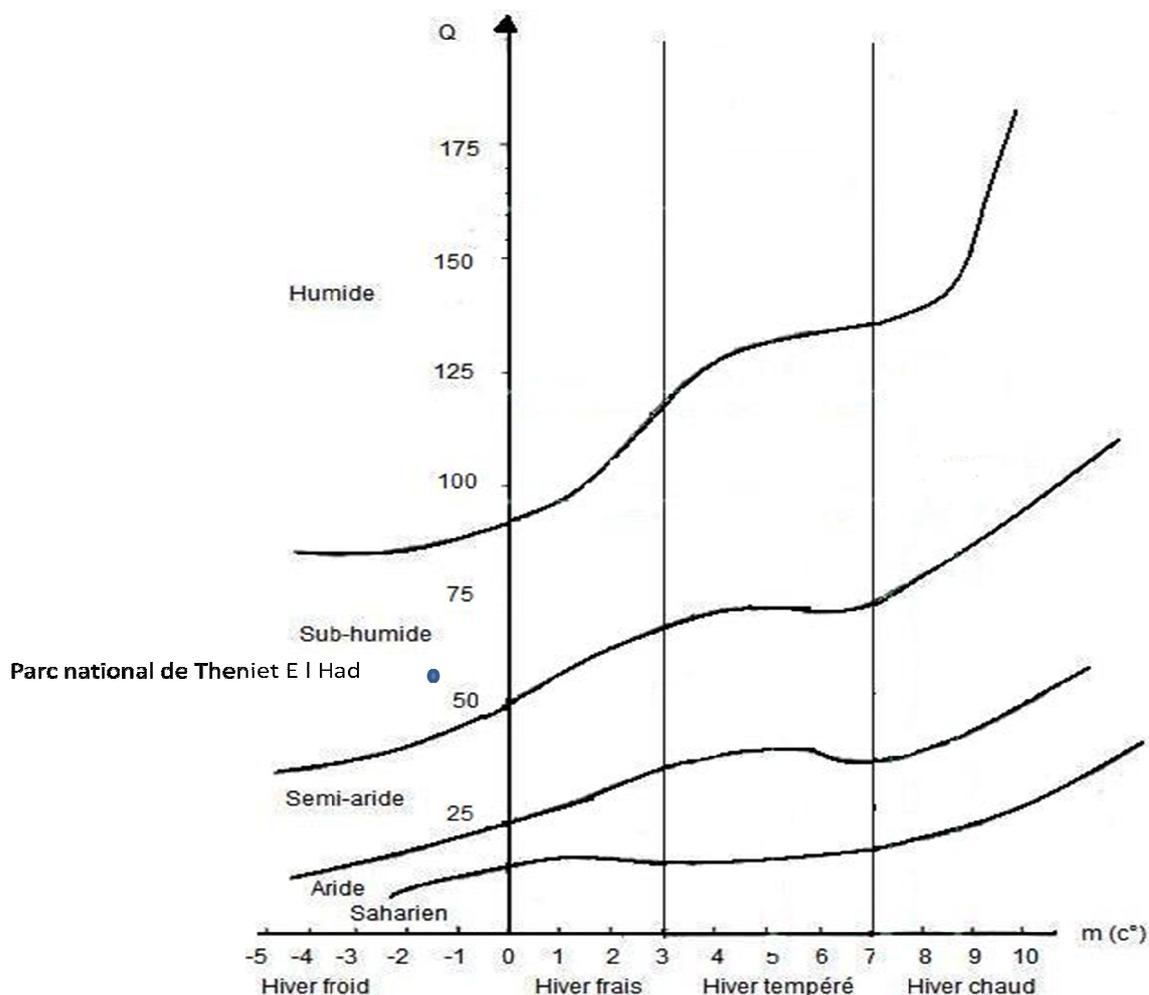


Figure 3.5: Etage bioclimatique et variante thermique pour la période décennale (2002-2012) de la région de Theniet El Had.

3.3.2 Diagramme ombrothermique

BAGNOULS et GAUSSEN (1953 in SOBHI, 2003), considère que la sécheresse s'établit lorsque la pluviosité mensuelle P (mm) est inférieure au double de la température mensuelle T ($^{\circ}\text{C}$) : $P \leq 2 T$. On peut à partir de là tracer pour chaque station un graphique où l'on porte en abscisses les mois et en

ordonnées les températures et les pluviométries, l'échelle étant double pour les températures.

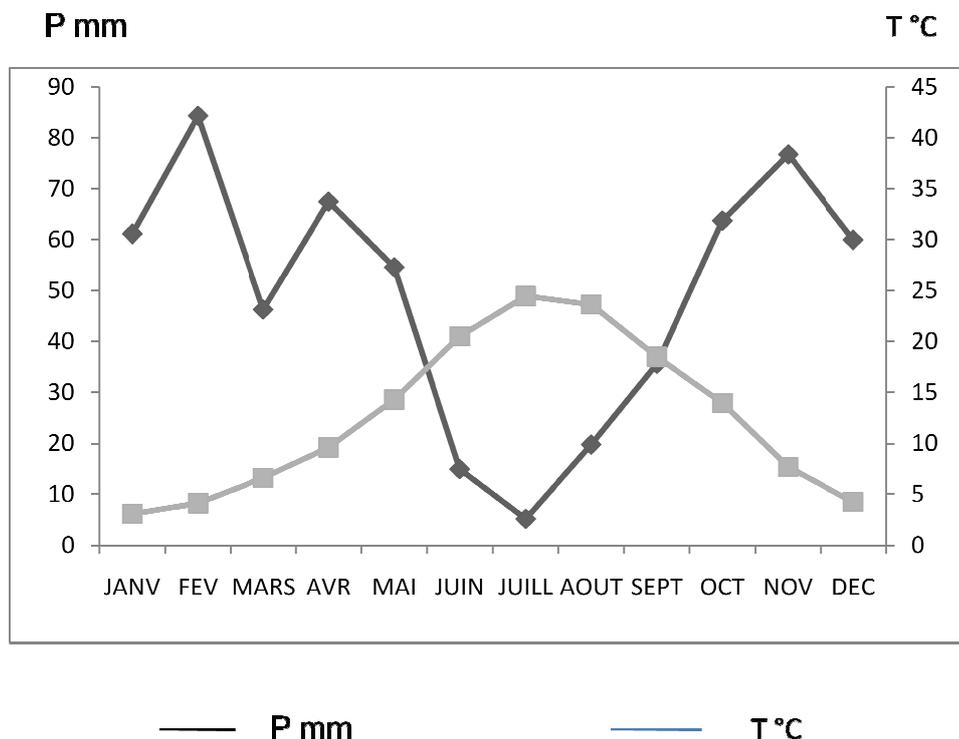


Figure3.6: Diagramme ombrothermique de Gaussen pour la période (2002-2012) de la région Theniet el had .

On remarque, d'après le diagramme ombrothermique de la période 2002-2012, deux périodes humides entrecoupées par une période sèche qui commence de la mi-juin et s'achève à la mi-septembre. (Figure 3.6).

Tableau 3.4: Valeurs des températures corrigées dans la station étudiée durant l'année 2013

2013	janv	fev	Mars	Avr	Mai	juin	Juill	Aout
T moy °C	3,5	2,5	6,9	9,1	11	17,3	23	22,6
T max °C	8	7,4	11,8	15	16,7	25,6	31,3	31,1
T min °C	-0,29	-1,39	3,11	3,51	5,31	8,51	14,81	13,91

Durant l'année 2013, les températures minimales sont très basses au dessous de zéro, notamment en janvier et février, tandis que les températures maximales ont été très élevées au courant du mois de juin avec une valeur respective de 25.6 °C (tableau 3.4).

3.4 Méthodologie d'étude

3.4 .1 Objectifs

Le parc national de Theniet el Had est un espace protégé. La propagation de la processionnaire du pin dans la cédraie inquiète les services de protection du parc. En plus de la défeuillaison des arbres, l'aspect esthétique de la forêt est touché à cause des nids, et la présence des poiles urticants pose également un problème de santé publique. Les interventions doivent être programmées mais avec une prudence dans les moyens de lutte à utiliser. Le but de notre étude est de rechercher les informations concernant les ennemis naturels de la processionnaire du pin afin de fournir des données pouvant contribuer dans les opérations de protection. Nous avons suivi les émergences des papillons et des parasites larvaires et du stade nymphal pour mettre en évidence l'efficacité des parasites dans la régulation des populations larvaires de la processionnaire du pin dans la cédraie du parc national de Theniet El Had.

3.4.2 Récolte du matériel biologique

La première étape de notre travail a consisté en la récolte des larves en procession de nymphose. Nous avons commencé le suivi des processions depuis le mois de mars jusqu'à la fin du mois de juin. Dix zones d'enfouissement ont été repérées de manière aléatoire dans la cédraie, mais seulement quatre ont été retrouvées. Après trois à quatre semaines correspondant au temps de formation des chrysalides, nous avons retiré les nymphes. Les chrysalides prélevées ont été conditionnées individuellement après l'élimination des cocons dans des pots en plastique protégés par un tissu fin et numérotés et placés au niveau du parc national de Theniet el Had. (Figure3.7)

Le contrôle des émergences des papillons et des parasites a été effectué quotidiennement depuis le 30 juin 2013 jusqu'au 30 septembre 2013.



Figure3.7 : Les chrysalides prélevées conditionnées individuellement dans des pots en plastique protégés par un tissu fin et numérotés (Photos originale)



Figure3.8 : émergence du parasite *Phryxe caudata* (Photos originale)

3.5 Exploitation des résultats

Notre objectif étant l'étude de l'action des divers parasites sur les populations larvaires de la processionnaire, nous avons soumis nos données à une série d'analyses statistiques réalisées par les logiciels Excel et Sys state.

CHAPITRE 4
RESULTATS

CHAPITRE 4

RESULTATS

4.1 Emergences des papillons et des parasitoïdes

La récolte des chrysalides et le résultat de suivi des émergences des papillons et des parasitoïdes sont illustrés par le tableau 4.1

Tableau 4.1: Synthèse des résultats d'émergence des papillons et des parasitoïdes

Lieu enfouissement	Effectif des chrysalides	Nbre de papillons émergés	Effectif des chrysalides parasitées	Chrysalides en diapause
1	30	1	7	22
2	35	3	10	22
3	27	2	9	16
4	20	0	11	9
moyenne	28	1,5	9,25	17,25
Total	112	6	37	69

Le suivi des émergences des papillons et des parasitoïdes montrent que l'effectif moyen des chrysalides parasitées est de (9,25). Par contre l'effectif moyen des émergences ne dépasse pas (1,5). Par ailleurs la moyenne des chrysalides passées en diapause est de (17,25). La moyenne des émergences reste faible.

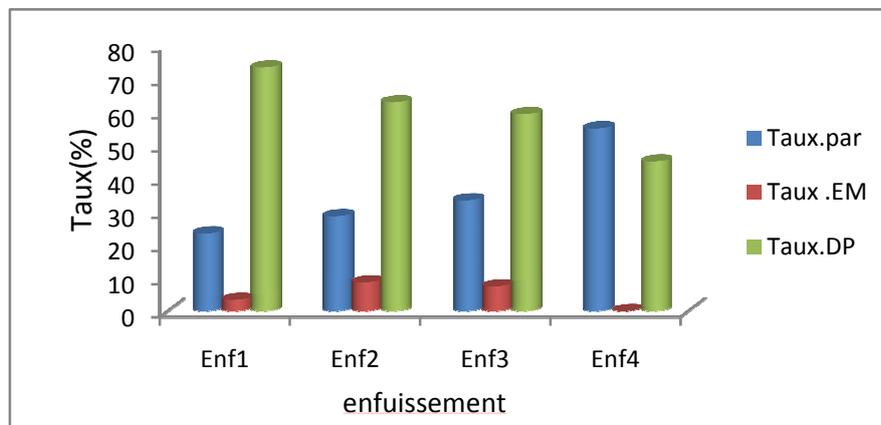


Figure 4.1 : Diagramme cumulatif des émergences des papillons, des parasitoïdes et des chrysalides en diapause dans les quatre lieux enfouissements.

Les taux d'émergence des papillons et des parasitoïdes ainsi que les chrysalides en diapause calculés par lieu enfouissement sont variables mais montrent que le taux des chrysalides parasités est élevé dans tous les lieux d'enfouissement. Le taux des émergences des papillons reste toujours faibles dans des quatre endroits d'enfouissement (figure 4.1).

4.2 Période d'émergence des papillons de *Thaumetopoea pityocampa*

Les dates d'émergence des papillons de la processionnaire du pin dans la cédraie de Theniet el Had sont enregistrées à partir du 26 juillet jusqu'au 23 aout pour le matériel biologique conditionné (figure 4.2). Le placement des chrysalides au niveau de siège du parc national de Theniet el Had a permis de maintenir les dans les mêmes conditions écologiques.

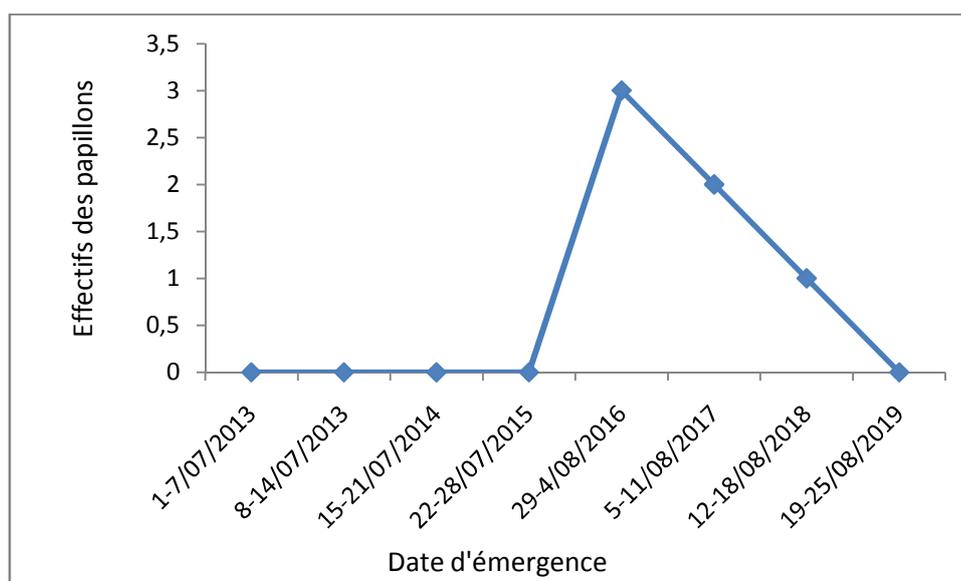


Figure 4.2 : Fréquence hebdomadaire des émergences des papillons de la processionnaire du pin dans la cédraie du parc national de Théniet El Had.

4.3 Période d'émergence des parasitoïdes de *Thaumetopoea pityocampa*

La figure 4.3, montre que les dates d'émergence des parasitoïdes larvaires de la processionnaire se situent entre la deuxième semaine du mois de juillet et la troisième semaine du mois d'aout.

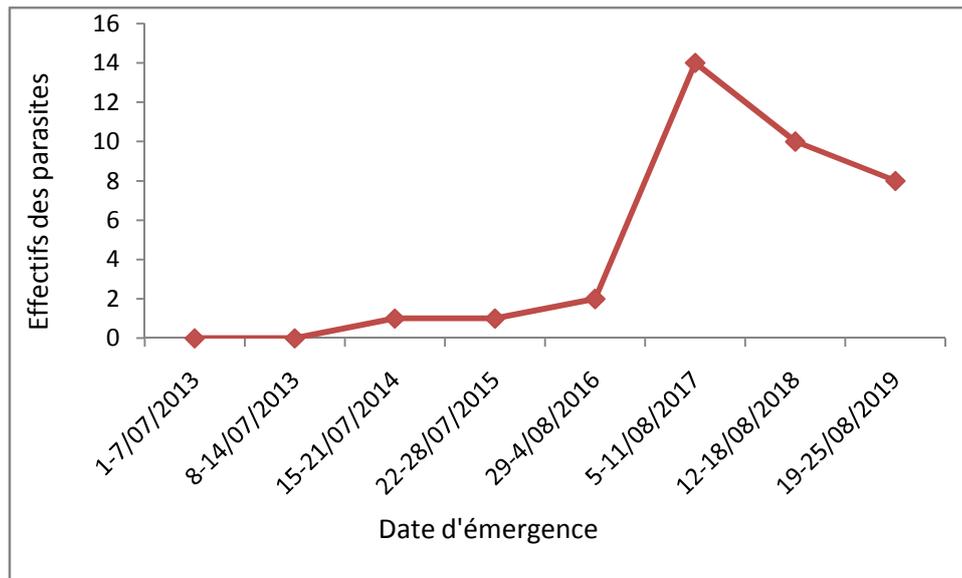


Figure 4.3 : Fréquence hebdomadaire des émergences des parasitoïdes larvaires de la processionnaire du pin dans la cédraie du parc national de Théniet el Had

La date d'émergence des parasitoïdes est précoce par rapport à la date d'émergence des papillons (figure 4.2 et 4.3).

4.4 Période d'émergence des papillons et des parasitoïdes P1 et P2 de *Thaumetopoea pityocampa*

Nous avons retrouvé deux espèces de parasitoïdes parasitant les chrysalides de *Thaumetopoea pityocampa. villa brunnea* (Dip : *Bombyliidae*) dans quatre zones d'enfouissements et *Phryxe caudata* (Dip : *Tachinidae*) dans trois zone d'enfouissements.

P1 : *Phryxe caudata*.

P2 : *villa brunnea*.

La figure 4.5, montre que les dates d'émergence de P1 se situent entre la 3^{eme} semaine de juillet et la 2^{eme} semaine du mois d'aout.

Et la dates d'émergence de P2 se situent entre la 1^{ere} semaine d'aout de et la 4^{eme} semaine du mois d'aout.

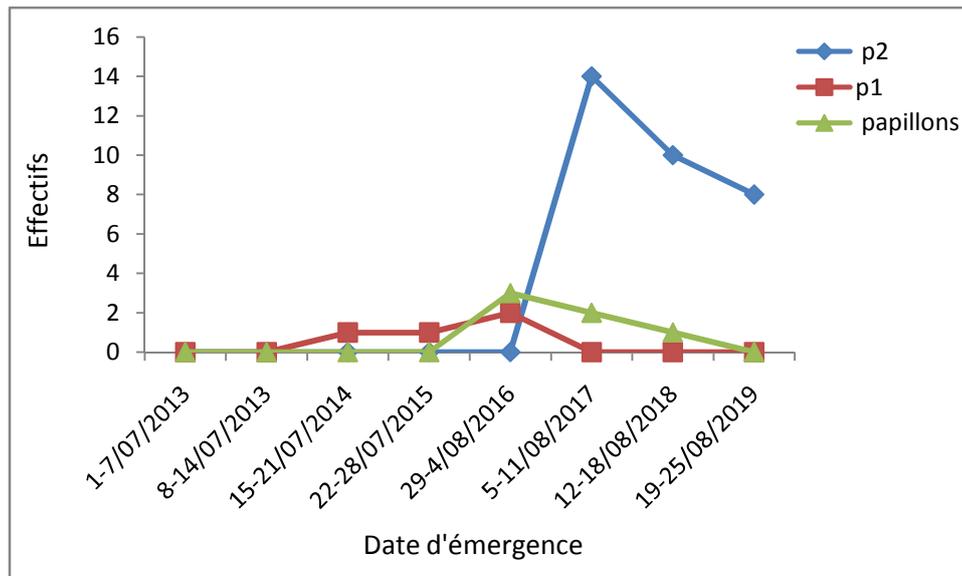


Figure 4.5: Courbe cumulative des Fréquence hebdomadaire de l'émergence des papillons et des parasitoïdes larvaires de la processionnaire du pin dans la cédraie du parc national de Théniet El Had.

La date d'émergence de P1 est précoce par rapport à la date d'émergence des papillons par contre La date d'émergence de P2 est tardif par rapport à la date d'émergence des papillons.

4.5 L'action des parasitoïdes des stades larvaire et nymphal

La comparaison des moyennes des chrysalides parasitées dans les quatre endroits d'enfouissement montre une différence significative ($p=0,01$). Ceci met en évidence une variabilité dans l'action parasitaire des deux parasitoïdes : *Phryxe caudata* et *Villa brunnea*. (figure4.6).

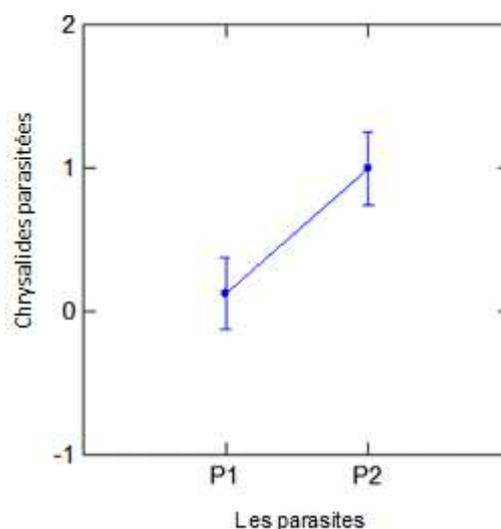


Figure 4.6: Comparaison des moyennes chrysalides parasitées dans les quatre lieux d'enfouissement (P1 : *Phryxe caudata*, P2 : *Villa brunnea*).

CHAPITRE 5

DISCUSSION

CHAPITRE 5

DISCUSSION

Le développement de *Thaumetopoea pityocampa* passe par deux phases très distinctes : la phase épigée et la phase hypogée. Cette dernière est primordiale dans la variation transcyclique de la population. Son influence se manifeste par sa durée et le pourcentage des individus qui subissent une diapause prolongée. Le taux de la diapause enregistré est nettement plus élevé, ce qui laisse supposer que la population est éprouvée. Par ailleurs le taux d'émergence noté est faible, ce qui influe le niveau de la population qui affichera des effectifs faibles compte tenu du pourcentage des individus des chrysalides passées en diapause. Ainsi DEMOLIN (1969), QUESTIENNE et MIERMONT (1979), DAJOZ (1980) considèrent la diapause comme l'un des indices gradologiques du potentiel dynamique de la population. Aussi ces auteurs précisent qu'un taux élevé de diapause est le signe d'une rétrogradation de la population. D'autre part, il est important de signaler que la réduction de la population n'indique pas son absence totale mais peut être justifiée par un taux élevé de diapause. Cette constatation doit être prise en considération dans les prévisions de lutte. La diapause prolongée peut être induite par plusieurs facteurs. L'augmentation des températures surtout les maxima (DEMOLIN, 1974), les précipitations élevées (MARKALAS, 1989) qui agissent sur l'humidité du sol et les prises alimentaires des chenilles (MASUTTI et BATTISTI, 1990) constituent les principaux facteurs de l'induction de la diapause.

Les parasitoïdes des stades larvaire et nymphal constituent un important facteur de régulation des populations de la processionnaire. Deux parasitoïdes seulement ont été répertoriés dans la cédraie de Théniet El Had. Il s'agit de *Phryxe caudata* et *Villa brunnea*. Le taux des individus parasités a mis en évidence l'importance de l'incidence de ces parasites larvaires d'une part et montre que le complexe des ennemis naturels des stades larvaire est pauvre dans sa composition d'une autre part. *Phryxe caudata* (Rondani) (*Diptera*, *Tachinidae*) est le principal parasitoïde spécialiste des chenilles. Deux générations de cette espèce peuvent se développer sur une même génération

de l'hôte. En ce qui concerne notre recherche, nous avons rencontré la deuxième génération. Le taux de parasitisme de cette espèce est faible. Ceci peut être lié à la sélection de l'hôte car le parasitoïde pond sur des chenilles se trouvant à l'extérieur du nid. Ces chenilles très souvent, sont déjà parasitées ou présentent des troubles physiologiques (DEMOLIN, 1971). ZAMOUM (1998) a souligné que *Phryxe caudata* serait plus abondant en phase de progression de la population de la processionnaire.

Le deuxième parasitoïde est *Villa brunnea* (Becker) (*Diptera, Bombyliidae*), il s'agit d'un parasite qui s'attaque aux chrysalides pendant la phase souterraine. Après l'éclosion, les jeunes larves s'enfoncent dans le sol et pénètrent à l'intérieure des chrysalides pour y finir leur développement (DUMERLE 1979a, 1979b). Le taux de parasitisme de cette espèce est relativement plus élevé. La performance de *Villa brunnea* est liée à plusieurs facteurs. En plus de sa grande fécondité qui caractérise ses femelles et sa grande longévité, *Villa brunnea* présente un super-parasitisme qui induit une forte infestation des chrysalides (DUMERLE 1979a, 1979b). Le super-parasitisme permet d'augmenter l'effectif des parasitoïdes émergés

D'après les résultats, les émergences des papillons est vraisemblablement affectées par l'action des parasitoïdes et la diapause.

L'analyse de la courbe d'émergence des trois espèces : papillon et parasitoïdes met en évidence une synchronisation des parasitoïdes avec leur hôte. Cette coïncidence n'est pas aléatoire mais elle marque la relation hôte – ennemi naturel. Les adultes de la deuxième génération de *Phryxe caudata* pondent directement sur les chenilles du cinquième stade. Les jeunes larves quittent la chrysalide de l'hôte pour former leur puppe au moment des émergences des papillons (BILIOTTI, 1956). La période d'émergence des adultes de *Villa brunnea* est observée entre la fin juillet et la fin septembre. Les œufs déposés par ces adultes précoces peuvent éclore et s'attaquer aux chrysalides en diapause sous terre et donnent une deuxième génération d'adultes au début de l'automne (DUMERLE, 1969).

L'augmentation du taux de chrysalides parasitées par *Villa brunnea* s'accompagne d'une diminution du parasitisme par *Phryxe caudata*. Selon

BILIOTTI (1956) ceci peut être expliqué par incapacité de *villa brunnea* à reconnaître les chrysalides déjà parasitées. Ce multi-parasitisme avantage alors le bombyliide.

Les faibles émergences des papillons de la processionnaire qui est vraisemblablement affectées par l'action des parasitoïdes et la diapause, l'effet significatif de parasitisme et le taux élevé de diapause prolongée indiquent une rétrogradation de la population *Thaumetopoea pityocampa* dans la cédraie du parc national de Théniet el Had (DEMOLIN ,1969 ; DAJOZ, 1980). Cette rétrogradation de la population conduit indéniablement à la phase de latence marquée par une absence quasi totale de l'espèce.

CONCLUSION

CONCLUSION

La cédraie de Theniet El Had se trouve dans le parc national de Theniet El Had. Chakali (1992) souligné que La chenille processionnaire *Thaumetopoea pityocampa* est le principal ennemi des aiguilles de pin dans nos forêts, elle provoque souvent des défoliations totales des peuplements reboisés.

La lutte contre la chenille processionnaire du pin a pour principal objectif de maintenir les populations à des niveaux tolérables, afin de protéger la santé humaine et animale ainsi que les peuplements forestiers (Leblond *et al.*, 2010 in Julie, 2011).

Notre étude rentre dans le cadre de la lutte biologique .Se fixe comme but d'approcher en détail les parasitoïdes larvaires et du stade nymphal de cette espèce dans son milieu naturel pour renforcer et compléter les recherches scientifiques qui sont les seules capables de prédire l'évolution démographique de ce défoliateurs.

Les deux espèces de parasitoïdes larvaires ont été identifiées sur les chrysalides de *Thaumetopoea pityocampa* dans le Parc National de Theniet El Had : il s'agit *villa brunnea* (Dip : *Bombyliidae*) et *Phryxe caudata* (Dip : *Tachinidae*). Le plus efficace reste *villa brunnea*. La comparaison des taux d'émergence des papillons et des parasitoïdes ainsi le taux de diapause prolongé des chrysalides indiquent une retrogradation de la population de la processionnaire qui passera par la suite à la phase de latence (GERI, 1983).

Notre travail fourni aux services chargés de la protection de cèdre dans le parc national de Theniet El Had de précieux renseignements sur le cortège des ennemis naturels afin de donner à cet aspect plus d'intérêt.

A l'issue de ce travail, il serait souhaitable de poursuivre la bioécologie de tous les parasitoïdes de manière exhaustive car l'approche que nous avons amorcée est à notre sens original pour la région du parc nationale de Theniet El Had. Ce travail pourrait constituer un point de départ pour d'autres études méritant d'être approfondies notamment les parasitoïdes des stades larvaires de ce ravageurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABDELHAMID.D, 1992 – Contribution à l'étude des insectes du Cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica. Manetti* (1844) dans la cédraie de Theniet El Had. Thèse d'ingénieur Université de Blida 68 p.

ABDELMOUMEN Y, 2009. Ecologie et environnement en Algérie. Que faire pour sauver la forêt Algérienne. Revue de web écologique de Nouara. 3p.

ABDESSEMED K., 1981- Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Manetti*) dans le massif des Aurès et de Belezma : étude phytosociologique, problème de conservation et d'aménagement. Thèse doct. Ing., Fac. St. Jérôme, Marseille. 199 p.

AGENJO R., 1941- Monographie de la famille des Thaumetopoeidae (Lep.). Eos, 17, 69-128.

ANONYME -Bilans des campagnes de luttés contre la processionnaire du pin, S.E.F.M.V.T. 1980-1984.

ANONYME, 2008 -Bilan de la lutte contre la chenille processionnaire du pin année 2007 en Algérie. Forums des Forestiers Algérien. Message N°17 1P.

AVTZIS N., 1986 - Development of *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) in relation to food consumption. Forest Ecology and Management 15, 65-68.

BAGNOULS ., GAUSSEN .,1953 - Saisons sèches et indice xérothermique. Document Pour les cartes de production végétale. Toulouse. Sériegénéralités .T3.1953. Vol 1 Art 8.

BATEL.D, 1990 - Contribution à l'étude de la productivité du *Cedrus atlantica* (*Manetti*) en relation avec la station écologique application au Parc National de Theniet.El.Had. Thèse d'ingénieur.INA –Alger. 62 p.

BATTISTI, A., COLAZZA, S., ROVERSI, P. F., TIBERI, R., 1988. Alternative hosts of *Ooencyrtus pityocampae* (Mercet) (Hymenoptera Encyrtidae) in Italy. Redia 71, 321-328.

BELKAID B, 1988- Etude phytoécologie et possibilité d'amélioration dans la cédraie du Parc National de Théniet El Had. Thèse Ing. Institut de technologie agricole, Mostaganem, 46p.

BENCHEKROUN F., 1993 - L'économie de la cédraie marocaine et son impact sur le développement des collectivités locales. Annales des Recherches Forestières du Maroc 27(spécial). Pp : 714-724.

BILIOTTI, E., 1956. Biologie de *Phryxe caudata Rondani* (Dipt. Larvaevoridae), parasite de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa Schiff.*). Revue de Pathologie Végétale et d'Entomologie Agricole de France, 50-65.

BNEF., 1984 - Parc National de Chréa, Etude de milieu. Le bureau National des études forestières, Blida.149p

B.N.E.F . (1986) – Etude d'aménagement du Parc National de Belezma. Phase II : Inventaire et analyse économique. Bureau National des Etudes Forestières ; Blida : 1-- 29.

BONNET C., MARTIN J C., 2008 - Quand un ravageur forestier devient un problème sanitaire. NPI 54, p. 23-25.

BOUCHON J., TOTH J., 1971- Étude préliminaire sur les pertes de production des pinèdes soumises aux attaques de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa Schiff.* Ann. Sc.For.28(3):323-340.

BOUDY P., 1950 - Economie forestière Nord Africaine : Monographie et traitements des essences forestières. Éd. Larose, T 2(II), Paris, 878 p.

BOUDY P., 1952 - Guide du forestier en Afrique du Nord .Les essences Forestières .Edition la maison rustique, 505 p.

Chakali 1992- les insectes ravageurs du pin d'Alep *Pinus halepensis* Mill.mem.Soc. Belg.ent.35-pp 505-509.

DAJOZ.R 1980 : Ecologie des insectes Forestiers.Éd : bordas paris, 505p.

DAJOZ.R 1985 : Précis d'écologie. Ed : Dunod, Paris, 505p.

DAJOZ R. 1998 - Les insectes et la forêt. ed. Lavoisier Tec &Doc. 594 p. Paris.

DÉMOLIN G., 1967b - Grégarisme et subsocialité chez *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Nid d'hiver – activité de tissage. C. R. Ve congrès de l'union internationale pour l'étude des insectes sociaux. pp 69-77.

DÉMOLIN G., DELMAS J.C., 1967a - Les éphippigères (Orthoptères Tettigoniidae) prédateurs occasionnels, mais importants de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Entomophaga. 12(4) :399-401.

DEMOLIN G., et RIVE J.L., 1968 La processionnaire du pin en Tunisie Ann. Inst. Nat. Rech. F or. de Tunisie Vol. 1 Fasc.1, Ariana.

DEMOLIN, G. (1969a) -Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Dispersion spatiale, importance économique. Annales des Sciences Forestières 26, 81-102.

DEMOLIN G., 1969b - Bioecologica de la processionnaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa*. Incidencia de los factores climaticos. Bol. Serv. Plagas Forest. 23: 9-24.

DÉMOLIN G., 1969c - La processionnaire du pin. Note d'information sur la biologie et sur les techniques de lutte.

DÉMOLIN 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 - Répercussions sur l'efficacité des parasites. Ann. Zool. – Écol. Anim. Hors série : 33-56.

DEMOLIN G., 1986 – Intensification de la protection phytosanitaire des forêts en Algérie. Rapport scientifique - projet F.A.O. n° DP-FO-ALG/83/013 : 27 pages, 30 planches.

DEMOLIN G., ABGRALL J.F., BOUHOT-DELDUC L., 1996 - Evolution de l'aire de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiff. (Lep., Thaumetopoeidae) en France. Les cahiers du DSF, 1, 26-28.

DU MERLE P., 1969 - Le complexe parasitaire hypogé de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera). Boletín del Servicio de Plagas Forestales 13, 131-132.

DUMERLE, P., 1979a. Biologie de la larve planidium de *Villa brunnea Beck.*, Diptère Bombyliide parasite de la processionnaire du pin. i - Recherche et découverte de l'hôte. Annales de Zoologie, Ecologie Animale 11, 289-304.

EMBERGER.L 1938 : Contribution à la connaissance des cèdres et en particulier du déodara et du Cèdre de l'Atlas .Ed : BOT.APP, 198, 18^{ème} année, 92p.

EMBERGER L., 1971-Travaux de botanique et d'écologie. Paris. Masson. 520 p + 1carte.

ETUDE BULGARE 1984—Projet Aménagement de l'Ouarsenis Vol 19, 169+ annexe.

EZZAHIRI, M. ; BELGHAZI, B. (2000) – Synthèse de quelques résultats sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas au Moyen Atlas (Maroc).Science et changements planétaires / Sécheresse.vol 11.n°2 :79—89

FERRANDÈS P., 1986 - Cèdres. Revue forestière française, vol. XXXVIII, n° spécial "Amélioration génétique des arbres forestiers", pp. 139-141.

FRAVAL A., 2007- Les processionnaires 1er partie - La processionnaire du pin. Insectes n°147, pp : 35-39.

GACHI M., 1996 - La chenille processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa Schiff.* Conférence Journée d'étude en protection des forêts C.F.A.T.S.- Jijel. 17 pp.

GERARD .M 2005a - Autécologie des essences forestières. Comment installer chaque essence à sa place. Ed : Lavoisier, Tome 01, 345p.

GERI C., 1980 - Application des méthodes d'études demecologiques aux insectes défoliateurs forestiers. Cas de *Diprion pini L.* (Hymenoptère, Diprionidae). Dynamique des populations de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa Schiff.* (Lepidoptère, Thaumetopoeidae) dans l'île de Corse. Thèse doct. Etat, Orsay, Université Paris-Sud, 260p.

GOUSSARD F., SAINTONGE F.X., GERI C., AUGER-ROZENBERG M A., GROJEAN AL., BAUDOUIN C., FLAMANT S., 2005 – 2006 - Incidences

Environnementales et sanitaires des chenilles processionnaires et de leurs traitements en France. Atelier santé environnement IGS, ENSP, Rennes. 3p.

GUERRERO A., CAMPS F., COLL J., RIBA M. 1981- Identification of a potential sex pheromone of the processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera, Not

odontidae). Tetrahedron Lett. 22(21): Pp 2013-2016.

HALIMI A ., 1980 - L'Atlas Blideen , climat et étages végétaux OPU. Alger, 523 p.

HÓDAR J A., CASTRO J., ZAMORA R., 2003 - Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as a new threat for relict Mediterranean Scots pine forests under climatic warming. Biol. Cons. 110 : 123-129.

HUCHON H., DEMOLIN G., 1970 - La bioécologie de la processionnaire du pin. Dispersion potentielle-Dispersion actuelle.Rev.For.Fr. n°spécial "La lutte biologique en forêt",220-234.

JACAMON.M. 1997 -Guide de dendrologie : arbres, arbustes, arbrisseaux des forêts françaises. Ed : ENGREF, Nancy, p348

JULIE R. 2011. les chenilles processionnaires du pin : évaluation des enjeux de santé animale thèse doctorat vétérinaire. école nationale vétérinaire d'alfort cosne-cours-sur-loire france. 200p.

KERDELHUE C., ZANE L., SIMONATO M., SALVATO P., ROUSSELET J., ROQUES A., BATTISTI A., 2009 - Quaternary history and contemporary patterns in a currently expanding species.BMC Evolutionary Biology, 9, 220, doi:10.1186/1471-2148-9-220.

KERRIS T., 1983 -La processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Note technique I.N.R.F. 17 pp.

LANIER, L. (1993)- Les champignons des cédraies en Algérie. (Etude comparative.) Ann. Rech. For Maroc. 27 Vol 2 :554-561.

LAURENT-HERVOUET N., 1986 - Mesure des pertes de croissance radiale sur quelques espèces de Pinus dues à deux défoliateurs forestiers.I.Cas de la processionnaire du pin en région méditerranéenne. Ann.Sci.For.43 (2): 239-262.

LEDANT, JP. (1975) - Essences forestières algériennes (Indigènes et exotiques) Notes de dendrologie. Dépt de forêt. INA El-Harrach .Alger:133p

LEMOINE B., 1977- Contribution to the measuring of production losses caused by the processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa Schiff.*) to maritime pine in the Landes of Gascony. Annales des Sciences Forestieres, 34, 205-214.

LETREUCH -- BELAROUCI, N. (1991) -Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Vol. 1 ; Office des Publications Universitaires. Alger : 294 p

LOUKKAS A., 2009 - Atlas des parcs nationaux algériens, Direction Générale des Forêts. Parc national de théniet El Had.98p.

Maïmiti DULAURENT, 2010 -Effet de la diversité des essences forestières sur les niveaux de population de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*), à différentes échelles spatiales, dans la forêt des Landes de Gascogne .Thèse Doct. University de BORDEAUX .FRANCE. Pp 17-18.

MALKI H., 1992 - Contribution à l'étude de l'influence du l'Atlas dans les monts de Belezma (Algérie).Thèse Doct.université de Paris sorbonne.

MARKALAS S., 1989 - Influence of soil moisture on the mortality, fecundity and diapause of the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa Schiff.*). J. Appl. Ent. 107 : 211- 215.

MARTIN J C., MAZET R., 2001- winter control of pine processionary Caterpillar. Phytoma, 540, 32-35.

MARTIN J.C. (2005) -La processionnaire du pin : *Thaumetopoea pityocampa* (Denis et Schiffer müller). Biologie et protection des forêts. INRA Avignon.61p.

Martin, J. C., Bonneau, X., 2006 -Bacillus thuringiensis, 30 years of control of cluster caterpillars. Phytoma 590, 4-7.

MASUTTI, L., 1964 -Ricerche Sui parassiti oofagi della *Thaumetopoea pityocampa Schiff.* Annali del Centro di Economia Montana delle Venezie 4, 205-271.

M'hirit O., 1982 - Etudes écologique et forestière des cédraies du Rif marocain : Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la production de cèdre de l'Atlas. Ann.Rech.For.Maroc 2 (1) - 499p.

M'HIRIT O., 1993 - Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Manetti*). Présentation générale et état des connaissances à travers le Réseau Méditerranéa « le CEDRE ». Ann.Rech.For.Maroc.Vol 22.

M'HIRIT O., 2006 - Le cèdre de l'Atlas : Mémoire du temps. Éd. MARDAGA. 288 p.

MONTOYA R., 1984 - Description of a new type of trap to catch males of the pineprocessionary. Boletin de la Estacion Central de Ecologia, 13, 99103.

MOUNA, M. (1993) – Entomofaune du cèdre de l'Atlas au Maroc. Silva Mediterranea Actes du Séminaire International sur le cèdre de l'Atlas. Ifrane (Maroc) ; 7 --11 juin 1993 : 515 -- 522.

PASQUIER B.F., ROUSSELET J., 1998 - Increasing risk of damage by the pine processionary *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiff. in the Central Region following climatic change. Actes de la IV Conference Internationale Francophone d'Entomologie, Saint Malo, France, 5-9 juillet 1998, 35, 341-343.

QUESTIENNE P., MIERMONT Y., 1978 - Contribution à la connaissance de *Thaumetopoea pityocampa Schiff.* Etude de la chenille processionnaire du pin et de cèdre au Maroc. Ann. Rech. Forest. Maroc, 19,151-233.

QUEZEL P. & MEDAIL F. (2003) - Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen, Elsevier, Collection Environnement, Paris, 573 p.

QUEZEL., 1976 - Les forêts du pourtour méditerranéen, Notes techniques M.A.B.2 UNESCO .Paris. Pp9-34

RABASSE J.M., 1967 -Évaluation de la réduction de la croissance des pins provoquée de la processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa Schiff.*). Note technique, INRF, Tunisie.

RAMADE, 1984 – Éléments d'écologie, écologie fondamentale, Paris, Mc Graw Hill, 397 p.

RAMADE .F 1997 : Conservation des écosystèmes méditerranéens. Les fascicules du plan bleu 3. Ed : Diffusion Economica.185p

RAMADE F., 2003 - Éléments d'écologie - Écologie fondamentale. 3ème édition. 690 p.

RIBRIOUX, Y., DOLBEAU, C., 1975 -Essai de lutte contre la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa Schiff.*) à l'aide du diflubenzuron. Phytatrie-Phytopharmacie 24, 193-204.

RIPERT C ., BOISSEAU B., 1993 - Ecologie et croissance du cèdre de l'Atlas en Provence. Silva Mediterranea. Actes du Séminaire International sur le cèdre de l'Atlas. Ifran (Maroc) ; 7-11 juin 1993. pp : 156-164.

ROQUES A., 1983 - Les insectes ravageurs des cônes et grains de conifères en France. Ed. I.N.R.A., Paris, 135p.

ROBREDO F., 1963 - La nymphose chez *Thaumetopoea pityocampa Schiff.* Boletín Del Servicio de Plagas Forestales 12, 122-129.

ROOT, R., 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). Ecological Monographs 43, 95-124.

RUSSELL, E. P., 1989. Enemies hypothesis - A review of the effect of vegetational diversity on predatory insects and parasitoids. Environmental Entomology 18, 590-599.

SABATIER S., BARADAT P., BARTHELEMY D., 2003 - Intra- and interspecific variations of polycyclism in young trees of *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex. Carrière and *Cedrus libani* A.Rich (Pinaceae). Ann. For.Sci., 60: 19-29.

SCHMIDT G.H., TANZEN E., BELLIN S., 1999 - Structure of egg-batches of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. And Schiff.) (*Lep, Thaumetopoeidae*), egg

parasitoids and rate of egg parasitism on the Iberian Peninsula. *J. Appl. Ent.* 123: 449-458.

SEBTI S. 2011 - Caractéristiques biologiques et écologiques de le processionnaire, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff (Lepidoptera : Thaumetopoeidae) sur le cèdre de l'atlas *Cedrus atlantica Manetti* dans le parc national de Chrea. Thèse magister université Saad Dahleb Blida (Algerie). 128 p.

SEIGUE. A, RAMEAU.JC, MANSION.D, OUNEG, TIMBAL.J, LECOMTE.A, DUPONT.T 1985 : La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Ed. Maisonneuve et la rose, Paris V : 502p.

SELTZER P ., 1946 - Le climat de l'Algérie .Travaux de l'institut de météorologie et de physique du globe de l'Algérie .université d'Alger 217p.

STEWART P., 1969 - Quotient pluviométrique et dégradation de la biosphère. Bull.Soc.Hist.Nat.Afr. Du Nord ; Alger.

TERRAB A., PAUN O., TALAVERA S., TREMETSBERGER K., ARISTA M., et STUESSY T F., 2006 - Genetic diversity and population structure in natural populations of Moroccan Atlas cedar (*Cedrus atlantica*; *Pinacea*) determined with cpSSR markers. American Journal of Botany 93(9). pp: 1274-1280.

TOTH, J. (1970) – Plus que centenaire et plein d'avenir : le cèdre en France. R.F.F. XXII. 3 : 355 -- 364

TOTH, J. (1978 a) - Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica M.*) dans le Sud de la France. Thè. Doc. Ing. Fac. St. Jérôme -- Marseille, France : 136 p.

TOTH, J. (1978 b) – Prévision de production de cônes de cèdre ; Estimation qualitative et quantitative. Protocole n° 11. Ministère de l'Agriculture. I.N.R.A. Stat. Sylv. Medit. Avignon:1- 3

TOTH J., 1982- Analyse de la croissance juvénile sur trois essences résineuses –cèdre-pin noir et pin de salzmann dans le reboisement de Belbezet

(GARA).Forêt méditerranéenne 4(2) :143-146.

TOTH J., 1984 - La prévision des disponibilités de récoltes de cône de cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti).Bull. Tech.15 .O.N.F :39-51.

TOTH J., 1990 - Le cèdre III. Intérêt paysage. Cédraie touristique. Forêt privée. 195. 8p.

TOTH .J 2005 : Le cèdre en France. Etude approfondie de l'espèce. Ed : Harmattan .207p

Vega J., Vega J.M., Moneo I., Armentia A., Caballero M.L., Miranda A. (2004) - Occupational immunologic contact urticaria from pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa*): 60-64.

WAY M.J., PAIVA M.R., CAMMELL M.E., 1999 - Natural biological control of the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* (Den. & Schiff.) by the Argentine ant *Linepithema humile* (Mayr) in Portugal. *Agricultural and Forest Entomology*, **1**, 27-31.

ZAMOUM M., 1998 – Données sur la bioécologie, les facteurs de mortalité et la dynamique des populations de *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiffemüller. (Lep., Thaumetopoeidae) dans les pineraies subsahariennes de la région de Djelfa (Algérie). Thèse de Doctorat, Université des Sciences de Rennes I, France, 247 p.

ZAMOUM M., 2002 – Quelques éléments pour la préservation de la santé des forêts en Algérie. Revue de la forêt algérienne, n° 4, juil. 2002, 4-7.

ZAMOUM M., DEMOLIN G., 2005 – The life cycle of the pine processionary caterpillar in the bioclimatic conditions of a sub-Saharan region. Int. Nat. Rech. Agronom. France éditions, Paris France, 107-116.

ZAMOUM M., 2005 – Techniques de suivi de la biologie de la chenille processionnaire du pin avant et après le traitement insecticide prévu pour la campagne 2005. Doc. Tech. Diffusé par l'INRF, 12p.

ZAMOUM M., DEMOLIN G., MARTIN J.C., 2005 - Lutte contre la processionnaire du pin : que deviennent les chenilles survivantes après un traitement au Bt aux stades L3 et L4. Phytoma – la défense des végétaux 585 : 38-41.

ZEDEK M., 1993 -Contribution à l'étude de la productivité du *Cedrus atlantica* *Manetti*. (Cèdre de l'Atlas) dans le parc national de Theniet el Had. Thèse Magister, INA, Alger, 175p+ annexe.

ZEMIRLI. M 2006 -Contribution à l'étude écodendrométrique de (CAM) dépéri Dans le parc national de Theniet el Had. Ed : Thèse Ing. Univ. Ibn Khaldoun. TIARET ,60p