



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master
en Sciences Agronomiques

Option : Sciences Forestières

THEME

**Répartition altitudinale des nids d'hiver de la
processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff
Muller 1775. dans le Parc National de Theniet El-had
(Tissemsilet)**

Présenté par

Mr. KHEBIZI AHMED

Devant le jury composé

Présidente	Mme ZEMOURI S.	MAA	Univ. Blida 1
Promoteur	Mme SEBTI TOUAHRIA S.	MCB	Univ. Blida 1
Examineur	Mme SELLAMI M.	MAA	Univ. Blida 1

Année universitaire : 2018/2019

Blida, Septembre 2019

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 enseignante Mme TOUAHRIA.S MCB au département d'agronomie. À l'université de Blida, pour avoir accepté de promotrice avec ses précieuses aides et leurs précieuses orientations tout au long de notre travail.

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

Je remercie également Mme SELLAMI M.A.A 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

Je dédie ce modeste travail :

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 mes adorables frères SALIMA, MOHMED AMINE ;

A toute ma famille sans exception.

A tous mes amis plus particulièrement : BECHIKH MUSTAPHA , SAID AFER.

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

Répartition altitudinale des nids d'hiver de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. dans le parc national de Theniet el Had

Résumé : L'étude conduite dans le Parc National de Theniet el Had porte sur la répartition des nids d'hiver en fonction des facteurs altitude et exposition pour caractériser la dynamique des infestations de la processionnaire dans la cédraie de Theniet El Had. Cinq stations correspondant des altitudes différentes ont été retenues. Les résultats obtenus ont permis de dénombrer 1863 nids sur 200 arbres échantillonnés. Le taux d'infestation varie de 19% à 21% avec une abondance plus marquée à 1600m d'altitude. Les nids d'hiver sont présents dans toutes les directions mais l'exposition Ouest reste la plus recherchée dans la cédraie du Parc National de Theniet el Had.

Mots clés : Processionnaire du pin, cèdre, Altitude, exposition, infestation.

Altitudinal distribution of Winter Nests of the pine processionary *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. in Theniet el Had National Park.

Abstract : The study conducted in the Theniet el Had National Park focuses on the distribution of winter nests according to altitude and exposure factors to characterize the dynamics of the infestation of the processionary in the Theniet El Had cedar. Five stations corresponding to different altitudes were selected. The results obtained made it possible to count 1863 nests on 200 trees sampled. The infestation rate varies from 19% to 21% with a higher abundance at 1600m altitude. The winter nests are present in all directions but the western exposure remains the most sought after in the cedar of the Theniet el Had National Park.

Key words: Pine processionary, cedar, Altitude, exposure, infestation.

التوزيع الارتفاعي لأعشاش الشتوية لدودة الجرارة لصنوبر *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. في الحظيرة الوطنية ثنية الحد

ملخص:

تركز الدراسة على توزيع أعشاش الشتوية لدودة الجرارة لصنوبر في الحظيرة الوطنية ثنية الحد الوطنية على ارتفاعات مختلفة واختيار خمس محطات لارتفاعات مختلفة.

النتائج التي تم الحصول عليها كانت من حساب 1863 عش على 200 شجرة عينة. يتراوح معدل الغزو من 19% إلى 21% m. مع فرة أعلى على ارتفاع 1600

توجد أعشاش الشتاء في جميع الاتجاهات، لكن الاتجاه الغربي لايزال هو الأكثر غزواً. أقيمت الحظيرة ثنية الحد الوطنية

الكلمات المفتاحية: دودة الصنوبر، الأرز، الارتفاع، الاتجاه، الغزو

REMERCIEMENTS

DEDICACE

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUES

I.1 La Processionnaire du Pin	3
I.1.1 Systématique	3
I.1.2 Aire de répartition de la processionnaire de pin	3
I.1.3 Plantes hôtes	4
I.1.4 Bioécologie de la processionnaire du pin <i>Thaumetopoea pityocampa</i> Schiff	5
I.1.5 Cycle biologique de <i>Thaumetopoea pityocampa</i>	5
I.1.5.1 Phase aérienne	6
I.1.5.2 Accouplement et ponte	7
I.1.5.3 Développement larvaire	8
I.1.5.4 La procession de nymphose	10
I.1.5.5 Phase souterraine	11
I.1.6 Dégâts et Dommages causés par la processionnaire de pin	12
I.1.6.1 Défoliations des arbres hôtes	12
I.1.6.2 Risques pour la santé de l'homme et des animaux	12
I.1.7 Moyens de lutte contre la chenille processionnaire du pin	13
I.1.7.1 La lutte chimique	14
I.1.7.2 La lutte mécanique	14
I.1.7.3 La lutte sylvicole	14
I.1.7.4 Lutte microbiologique	14
I.1.7.5 Lutte par l'utilisation des phéromones sexuelles	15
I.1.7.6 Régulation naturelle	15

I.2 LE CEDRE DE L'ATLAS, <i>CEDRUS ATLANTICA</i>	20
I.2.1 Systématique du cèdre de l'Atlas	20
I.2.2 L'aire de répartition du genre Cedrus	20
I.2.3 Caractéristiques botaniques et écologiques	22
I.2.4 Régénération naturelle du cèdre de l'Atlas	23
I.2.5 Les ennemis du cèdre de l'Atlas	23
I.2.6 Utilisation du cèdre de l'Atlas	24
Chapitre II : Matériel et méthodes	
II.1 La zone d'étude	26
II.1.1 Situation géographique du Parc National De Theniet El Had	26
II.1.2 les cantons du parc national de theniet el had	27
II.1.3 Situation administrative	28
II.1.4 Géologie	28
II.1.2 La végétation	29
II.1.2.1 La strate arborescente	29
II.1.2.2 La strate arbustive	29
II.1.2.3 La strate herbacée	29
II.1.3 Caractéristiques climatiques de la région d'étude	30
II.1.3.1 Températures	30
II.1.3.2 Précipitations	31
II.1.3.3 Synthèse climatique	32
II.1.3.3.1 Quotient pluviothermique	32
II.1.3.3.2 Diagramme ombrothermique	34
II.2 Objectif	35

II.3 Méthodologie adoptée.....	35
II.3.1 Matériel utilisé.....	35
II.3.2 Dénombrement des nids d'hiver.....	35
II.3.3 Traitement des données.....	36
 CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION	
III.1 RESULTATS.....	37
III.1.1 Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire par altitude.....	37
III.1.2 Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire par exposition.....	38
III.1.3 Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire par station.....	39
III.2 Discussion et Conclusion ;;;.....	45

INTRODUCTION GENERALE

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 couvre 4,1 millions d'hectares soit un taux de boisement de 16,4% pour le nord de l'Algérie et de 1,7 % seulement si les régions sahariennes arides sont également prises en considération (FOSA, 2001). Ces taux sont évidemment très insuffisants pour assurer l'équilibre physique et biologique. Actuellement les forêts nationales sont profondément marquées par les défrichements, les incendies et le surpâturage. Le patrimoine forestier algérien est constitué, de 65% de massifs dégradés (Abdelmoumen, 2009).

Le cèdre (*Cedrus:atlantica* (MANETTI)) est sans doute l'essence forestière la plus emblématique du paysage de Nord-Africain. En Algérie les cédraies suscitent un intérêt exceptionnel vu 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.

Actuellement, la forêt algérienne est exposée à de nombreux facteurs de dégradation notamment les incendies, et à cela s'ajoute l'effet des bio- agresseurs qui peuvent conduire au dépérissement des arbres. Dans ce cadre la protection des forêts contre les différents facteurs demeure l'une des missions prioritaires de l'administration des forêts. Aujourd'hui, les insectes défoliateurs sont parmi les parasites les plus menaçant des forêts Algériennes, et la chenille processionnaire du pin, demeure le défoliateur le plus dévastateur qui touche 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, *Thaumetopoeapityocampa* 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).

La protection des cédraies contre la processionnaire pose beaucoup de difficultés pour les services concernés, car le statut des parcs nationaux limite les interventions chimiques qui peuvent avoir des effets négatifs sur la biodiversité, ainsi l'étude des caractéristiques liées aux phénomènes de propagation de ce ravageur est impérative pour mettre en œuvre un plan global de lutte qui permettra de diminuer les populations de cet insecte.

Dans ce cadre, s'inscrit l'objectif de cette étude qui repose sur le dénombrement des nids d'hiver de la chenille processionnaires du pin sur les arbres de cèdre de l'Atlas dans le Parc National de Theniet El-had. Notre but est de collecter le maximum d'informations sur la dynamique des infestations de la processionnaire du pin dans la cédraie de Theniet El-had afin d'aider les gestionnaires à mettre en place les méthodes adéquates de régulations.

La première partie de ce travail est consacrée à une synthèse bibliographique sur la processionnaire du pin et le cèdre de l'Atlas. La deuxième partie est axée sur la zone d'étude et la méthodologie adoptée et quant à au troisième chapitre, il concerne les résultats et la discussion, et en fin une conclusion.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Aire de répartition de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> en relation avec ses plantes hôtes sur l'ensemble des pays du pourtour méditerranéen.....	4
Figure 2 : Cycle de la processionnaire du pin.....	6
Figure 3 : 1: Papillon femelle 2: Papillon mâle.....	7
Figure 4 : Accouplement des papillons de processionnaires du pin.....	7
Figure 5 : Nids d'hivers de chenilles processionnaires du pin.....	9
Figure 6 : Les différents stades larvaires.....	9
Figure 7 : Procession de chenilles processionnaires du pin.....	10
Figure 8 : Les processions de nymphose.....	11
Figure 9 : Les chrysalides mâles à gauche et femelle à droite.....	11
Figure 10 : Poils urticants de la chenille processionnaire du pin au microscope	13
Figure 11 : Troubles cutanés après contact avec les chenilles processionnaire.....	13
Figure 12 : Calosome sycophante.....	15
Figure 13 : a. La mésange b. La Huppe fasciée.....	16
Figure 14 : <i>Ephippigerephippiger</i>	16
Figure 15 : <i>Baryscapus servadeii</i>	18
Figure 16 : <i>Ooencyrtus pityocampae</i>	18
Figure 17 : Tachinidae.....	19
Figure 18 : <i>Villa brunnea</i>	19
Figure 19 : Localisation du cèdre de l'Atlas en Algérie	21
Figure 20 : Le cèdre de l'Atlas (Parc national de Théniet El Had).....	25
Figure 21 : Carte de situation de la zone d'étude (Parc National de Théniet el Had).....	26
Figure 22 : Carte des cantons du parc national de Theniet el Had.....	27
Figure 23 : Situation administratif du parc de Theniet el Had.....	28
Figure 24 : Les températures extrêmes enregistrées dans la region de Theniet el Had durant la période annuelle 2002-2012	31

Figure 25 : les précipitations moyennes mensuelles enregistrées dans la region de Theniet el Had durant la période annuelle 2002-2012	32
Figure 26 : Etage bioclimatique et variante thermique pour la période (2002-2012) de la région de Theniet El Had.....	33
Figure 27 : Diagramme ombrothermique de Gaussen pour la période (2002-2012) de la régionTheniet el had	34
Figure 28 : Dénombrement des nids d’hiver.....	36
Figure 29 : Répartition des nids d’hiver par altitude.....	38
Figure 30 : Répartition des nids d’hiver de la chenille processionnaire par exposition.....	39
Figure 31 : Répartition des nids d’hiver dans la station 1200 m.....	40
Figure 32 : Répartition des nids d’hiver dans la station 1300 m.....	41
Figure 33 : Répartition des nids d’hiver dans la station 1400 m.....	42
Figure 34 : Répartition des nids d’hiver dans la station 1500 m.....	43
Figure 35 : Répartition des nids d’hiver dans la station 1600 m.....	44

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Durée moyenne des différents stades larvaires.....	10
Tableau 2 : Les ennemis naturels de la processionnaire du pin.....	17
Tableau 3 : Moyennes mensuelles des températures extrêmes corrigées pour la période 2002-2012.....	30
Tableau 4 : Moyennes mensuelles des précipitations corrigées pour la période.....	31
Tableau 5 : Parametres climatiques du climagramme d'emberger du parc national.....	33
Tableau 6 : Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire par altitude.....	37
Tableau 7 : Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire par exposition.....	38
Tableau 8 : Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire dans la station 1 station.....	39
Tableau 9 : Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire dans la station 2....	40
Tableau 10 : Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire dans la station 3.....	41
Tableau 11 : Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire dans la station 4..	42
Tableau 12 : Répartition des nids d'hiver dans la station 5.....	43

LISTE DES ABREVIATIONS

M : mètre

P : Précipitation

L: Larve

MM: millimeter

°C : Degrée

CM : centimètre

% : Pourcentage

Kg : kilogramme

Ha : hectare

PH : potentiel hydrogène

N° : numéraux

Min : minimum

Max : maximum

T : température

PNTH : Parc National de Theniet El Had

CHAPITRE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 La Processionnaire du Pin

I.1.1 Systématique

La processionnaire du pin, *Thaumetopoeapityocampa*, 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

I.1.2 Aire de répartition de la processionnaire de pin

La processionnaire du pin *Thaumetopoeapityocampa* 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, *Pinushalepensis* 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 (*Thaumetopoeapityocampa Schiff*) à dépasser nettement le seuil tolérable. 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. (Figure1).

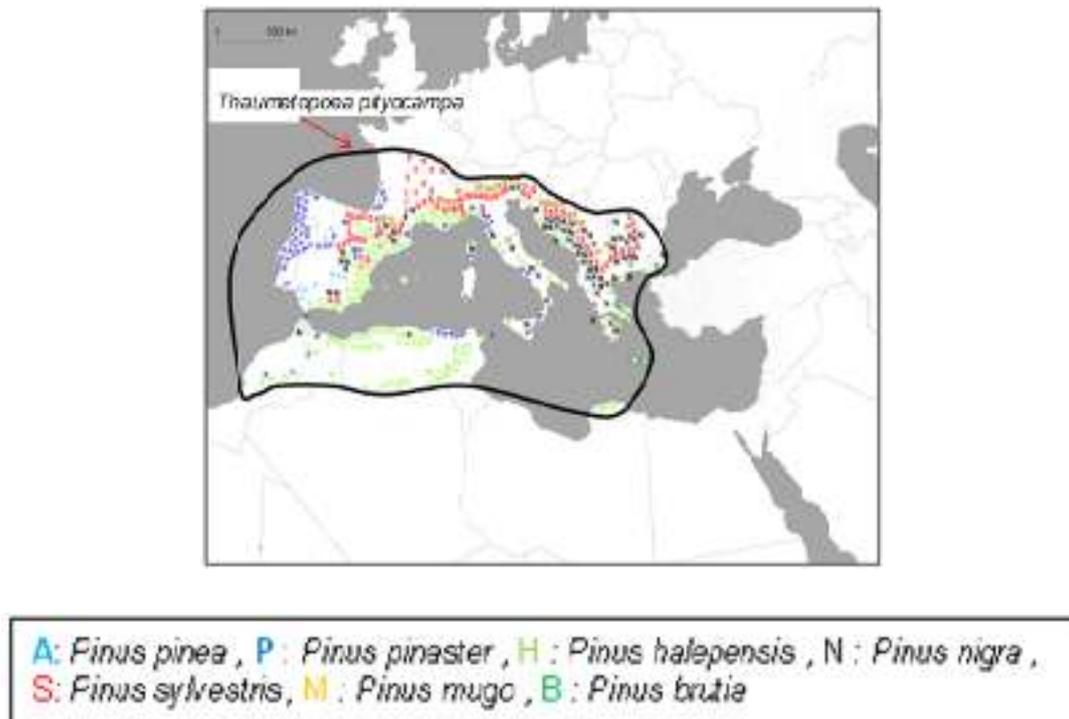


Figure1: Aire de répartition de *Thaumetopoea pityocampa* en relation avec ses plantes hôtes sur l'ensemble des pays du pourtour méditerranéen (KERDELHUE *et al.*, 2009)

I.1.3 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 (*Pinussylvestris*)
- Pin d'Alep (*Pinushalepensis*)
- Cèdre de l'Atlas (*Cedrusatlantica*),
- Cèdre du Liban (*Cedruslibani*)

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 *Pinussylvestris* et *Pinusnigra* que sur *Pinuspinaster* et *Pinushalepensis* (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 *Pinusradiata* que sur *Pinuspinaster* (AVTZIS, 1986). Il ne faut néanmoins pas croire que ces différences s'appliquent en dehors de la zone observée. Par exemple, *Pinuspinaster* 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).

I.1.4 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).

I.1.5 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) (Figure2).

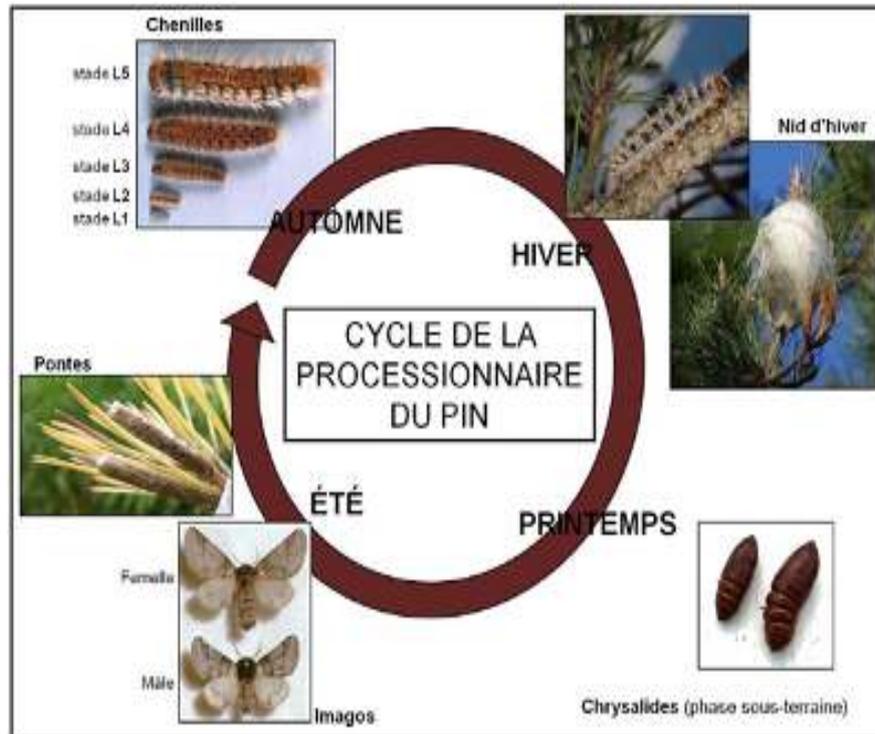


Figure2 : Cycle de la processionnaire du pin(MAÏMITI, 2010)

I.1.5.1 Phase aérienne

- **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). (Figure3)



Figure 3 1: Papillon femelle 2: Papillon mâle (DEMOLIN, 1969)

I.1.5.2 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. (Figure4)



Figure4: Accouplement des papillons de processionnaires du pin (MARTIN, 2005)

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'écaillés 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).

I.1.5.3 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 (DÉMOLIN, 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 (L₃), 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 (L₅). A chaque stade larvaire, les chenilles entrent dans une période de mue où elles cessent de s'alimenter (Figure5).



Figure 5: Nids d'hivers de chenilles processionnaires du pin (JULIE R. 2011)

Morphologiquement Au stade L1, 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 (Figure6). Les différents stades larvaires ont des durées variables, qui dépendent principalement de la température et de l'ensoleillement (Tableau1) (SEBTI, 2011 ; Julie, 2011).



Figure6 : Les différents stades larvaires (MARTIN, 2005)

Tableau1: 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
	L5	30	60	90
		30	60	90

I.1.5.4 La procession de nymphose

Les processions de nymphose (Figure7 et 8) ont lieu à la fin du cinquième stade larvaire (L_5), 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 $+ 22^\circ$ 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).



Figure7: Procession de chenilles processionnaires du pin (OGER, 2010).



Figure8 : Les processions de nymphose (FRAVAL, 2007)

I.1.5.5 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 (Figure9). Le développement s'arrête et les chenilles L5 se transforment en chrysalides, c'est la nymphose. 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.



Figure9 :Les chrysalides mâles à gauche et femelle à droite (MARTIN, 2005).

I.1.6 Dégâts et Dommages causés par la processionnaire de pin

I.1.6.1 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).

I.1.6.2 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 « thaumétopoéine », 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 10 et 11)



Figure 10 : Poils urticants de la chenille processionnaire du pin au microscope électronique (VEGA *et al.*.,2004)



Figure11:Troubles cutanés après contact avec les chenilles processionnaires

I.1.7 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.

I .1.7.1 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).

I .1.7.2 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.

I.1.7.3 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).

I.1.7.4 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.

I.1.7.5 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 ». 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. Quel que 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).

I.1.7.6 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 (Figure 12).



Figure12: Calosome sycophante

La Mésange bleue, (*Parus caeruleus*), est considérée aussi comme grande consommatrice de chenilles (Figure 13) (SEBTI, 2011).



Figure13: La mésange La Huppe fasciée

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



Figure14: *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 *Linepithemahumile*. Une liste des ennemis naturels de la processionnaire à tous les stades de son cycle est illustrée par (Tableau2) (BONNET et MARTIN, 2008).

Tableau 2: Les ennemis naturels de la processionnaire du pin:

Stades	Œuf	Chenille	Chrysalide	Papillon
Parasites	<p><i>Tetrastichusservadeii</i>(Hymenoptera : Eulophidae)</p> <p><i>Oencyrtuspityocampae</i>(Hymenoptera : Encyrtidae)</p> <p><i>Trichogrammsp</i> (Hymenoptera:Trichogrammidae)</p> <p><i>Anastatusbifasciatus</i> (Hymenoptera : Eupelmidae)</p>	<p><i>Phryxecaudata</i> (Diptera : Larvaevridae)</p> <p><i>Compsiluraconcinnata</i>(Diptera : Tachinidae)</p> <p><i>Ctenophorapavida</i> (Diptera : Tachinidae)</p> <p><i>Erigorgusfemorator</i> (Hymenoptera : Ichneumonidae)</p> <p><i>Meteorusversicolor</i>(Hymenoptera : Braconidae)</p> <p><i>Xantandruscomtus</i></p>	<p><i>Villa brunnea</i> (Diptères : Bombyliidae)</p> <p><i>Inchneumonrudis</i> (Hyménoptère : Ichneumonidae)</p> <p><i>Conomoriumeremitae</i> (Hyménoptère : Pteromolidae)</p> <p><i>Villa quinquefasciata</i>(Diptères : Bombyliidae).</p> <p><i>Calosomasycophanta,</i></p>	<p>Guêpes</p> <p>Fourmis</p> <p>Chauves souris insectivores</p>

		(Diptera : Syrphidae)	(Coleoptira : Carabidae)	
Prédateurs	<i>Ephippigerephippiger</i> (Orthoptera : Tettigoniidae)	<i>Calosomasycophanta</i> (C oleoptira : Carabidae) Mésange bleue (<i>Parus caeruleus</i>)	<i>Calosomasycophanta</i> , (Coleoptira : Carabidae) Huppe (<i>Upupaepops</i>)	
Bactéries			<i>Borrelinasp</i> <i>Clostridium sp</i>	
Virus			<i>Smithiaviruspityocampae</i>	
Champignons			<i>Beauveriabassiana</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Scopulariopsis</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 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.



Figure15: *Baryscapus servadeii*(MASUTTI, 1964)

Ooencyrtuspityocampae (Mercet) (Hymenoptera, Encyrtidae) (Figure16) 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.



Figure16: *Ooencyrtuspityocampae*(BATTISTI et al, 1988)

Phryxeca data (Rondani) (Diptera, Tachinidae) (Figure17) 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 17:Tachinidae(BILIOTTI, 1956)

Durant sa phase sous-terrainne, la processionnaire est essentiellement parasitée par un Diptère, *Villa brunnea* (Becker) (*Diptera, Bombyliidae*) (Figure 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).



Figure18 : *Villa brunnea* (BECKER,1964)

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

I.2 LE CEDRE DE L'ATLAS, *CEDRUS ATLANTICA*

I.2.1 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, *Cedrusatlantica*, *Cedrusdeodara* et *Cedruslibani*, 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: *Cedrus*

Espèce : *atlantica* (MANETTI).

Nom français: Cèdre de l'Atlas

Nom Anglais: Atlas cedar

Nom Arabe: Meddad, El-arz

I.2.2 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 19). 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).

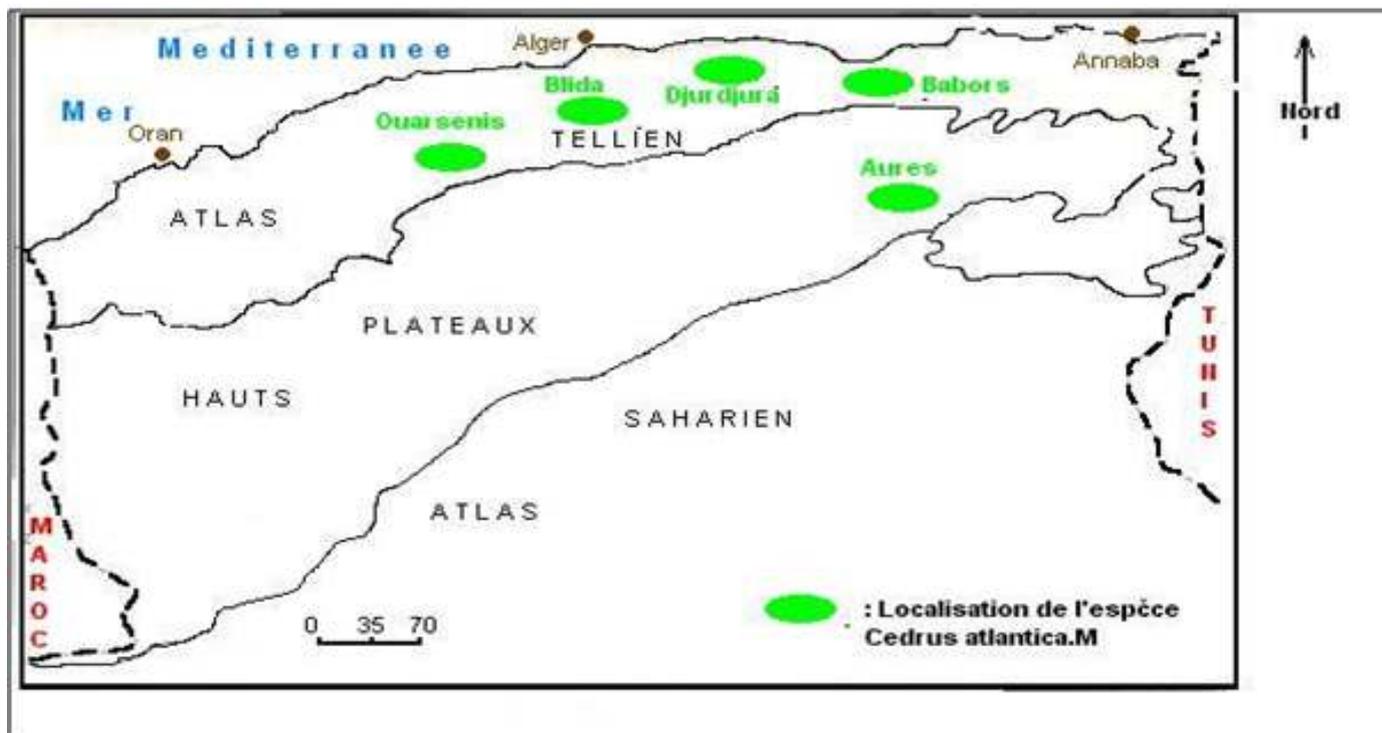


Figure 19: Localisation du cèdre de l'Atlas en Algérie (M'HIRIT et al, 1993)

I.2.3 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 (-25°C) (LANIER, 1986). Il trouve les meilleures conditions de végétation pour des températures moyennes comprises entre +8 et +14°C (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).

I.2.4 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).

I.2.5 Les ennemies du cèdre de l'Atlas

Les cédraies, particulièrement celles les plus méridionales n'échappent pas aux attaques d'insectes. La chenille processionnaire du cèdre (*Thaumatopeabonjeani*) et la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopaeapityocampa*) sont des ravageurs qui attaquent les aiguilles des arbres (BOUDY, 1950). La tordeuse (*Epinotiacedria*) 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'Epinotiaalgeriensis*, 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 (*Megastigmuspinsopinis*) est un insecte parasite de la graine en particulier durant les années de faible production (TOTH, 1978). Le puceron de cèdre (*Cedrobiumloporteii*) 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 mella* 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.

I.2.6 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. (Figure 20).



Figure20 : Le cèdre de l'Atlas (Parc national de Theniet El Had)
(Originale, 2019)

Chapitre II Matériel et méthodes

II.1 La zone d'étude

II.1.1 Situation géographique du Parc National De Theniet El Had

Le parc national de Theniet 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 $35^{\circ} 54' 4''$ et $35^{\circ} 49' 41''$ et les longitudes Est $02^{\circ} 02' 4''$ et $01^{\circ} 52' 45''$. 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 (Figure 21).

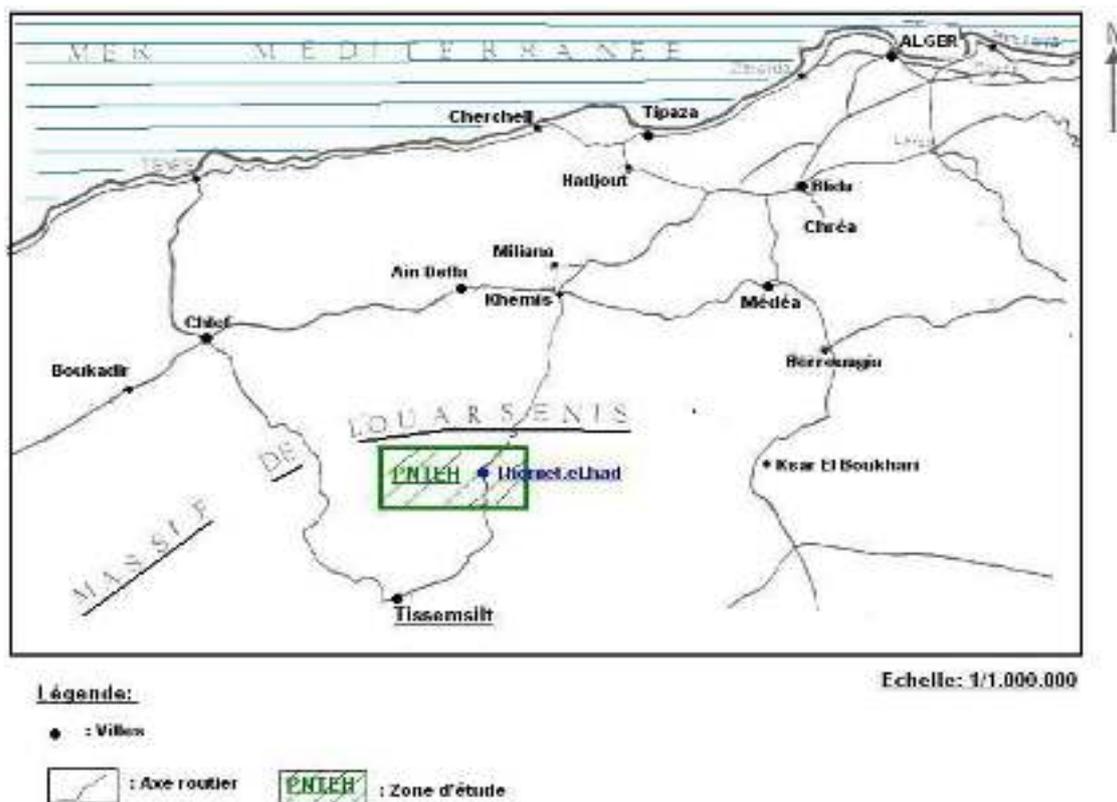


Figure 21 : Carte de situation de la zone d'étude (Parc National de Théniet el Had) (GACEM et MAAMES, 1998)

CHAPITRE II MATERIEL ET METHODE

II.1.2 les cantons du parc national de Theniet el Had :

Le parc national de Theniet-el-Had est divisé en dix cantons, dont la grande partie de sa superficie se trouve au niveau du versant Sud sur une étendue de 2052 ha (MAIRIF, 2013)(Figure 22).

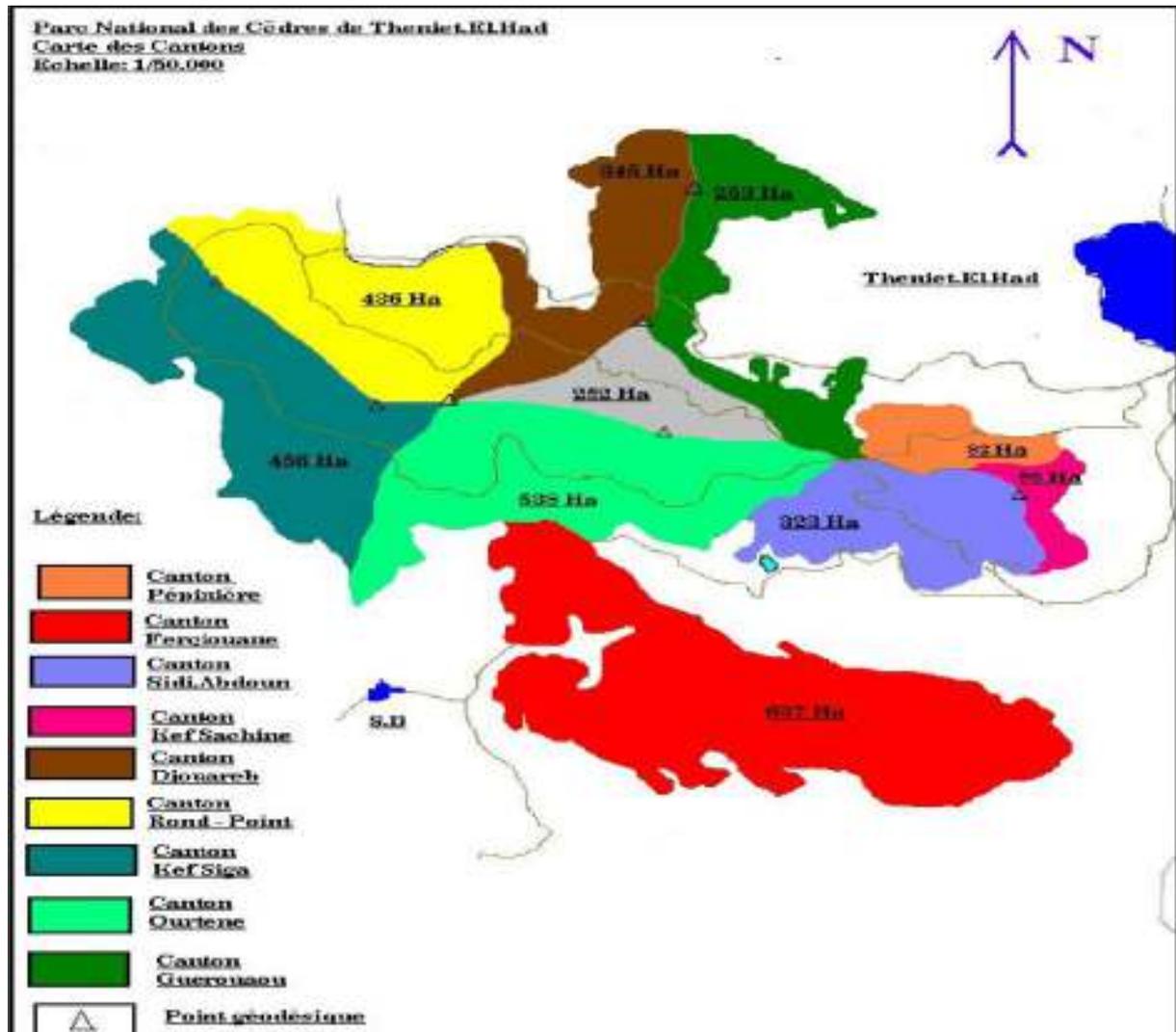


Figure22 : Carte des cantons du Parc National de Theniet el Had (PNTN, 2002).

CHAPITRE II MATERIEL ET METHODE

II.1.3 Situation administrative

Le Parc National de ThenietEl-Had s'étend entièrement dans la wilaya de Tissemsilt (Figure23.) avec une distance de 50 km au sud du chef-lieu de la wilaya, il est situé à 1,8 km à l'Ouest de la ville de ThenietEl-Had (LOUKKAS, 2006). La forêt s'étend sur les deux versants de Djebel el Meddad dont le cèdre occupe près de 1/3 de la superficie totale du parc (PNTEH, 2006).

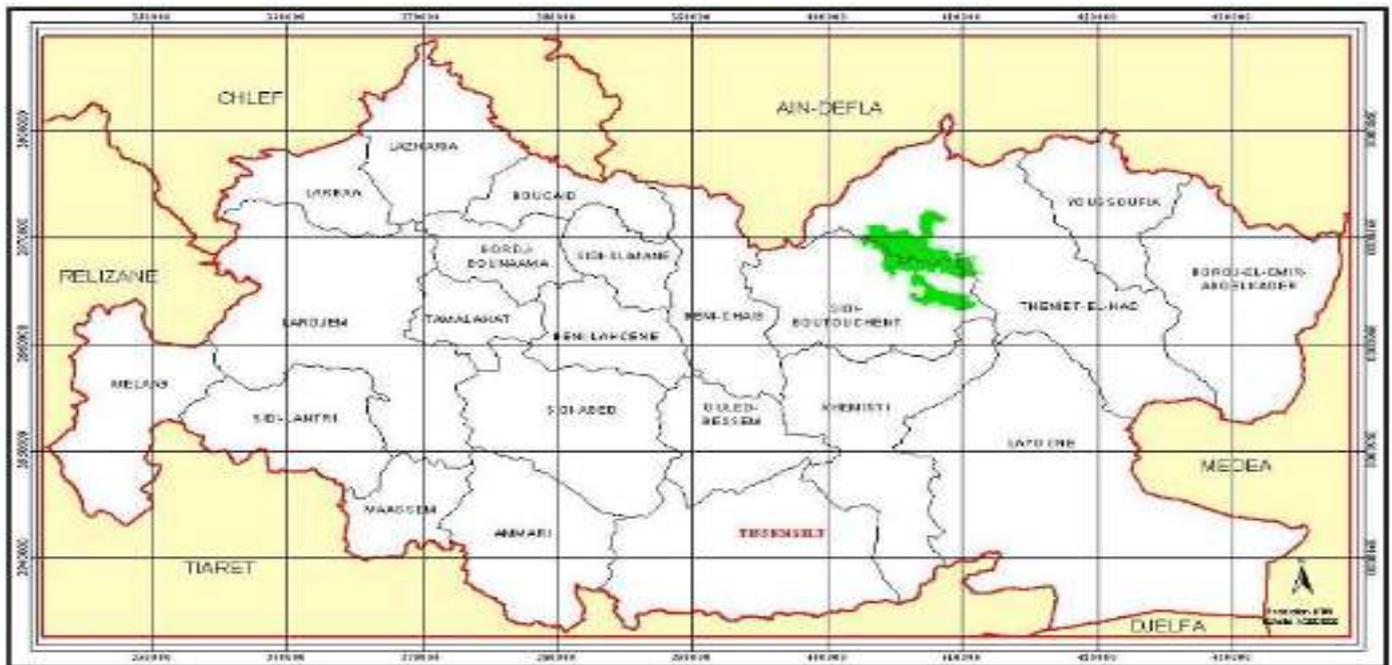


Figure23 : Situation administratif du parc de Theniet el Had (PNTH 2006) .

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).

II.1.4 Géologie

Selon BOUDY (1950), SARI (1977), LESKOMPLEKT (1984) et BELKAID (1988), la base de la structure géologique du massif du parc national de ThenietEl-Had, relevant du crétacé, est constituée de sédiments oligocènes développés en faciès « Numidien ». La forêt repose sur des grès superposés à des marnes argilo-calcaires (NICAISE, 1868 ; LEFEBVRE,

CHAPITRE II MATERIEL ET METHODE

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).

II.1.2 La végétation

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

II.1.2.1 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.

II.1.2.2 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)

II.1.2.3 La strate herbacée

La strate herbacée en exposition nord est riche en espèces, dont principalement : *Géranium atlanticum*, *Viola munbryana*, *Vicia sicula*, *Alliaria officinalis* et *Cynosorselegans*. 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*, *Ampelodesmum mauritanium* et *Daphné gnidium* (ABDELHAMID, 1992).

II .1.3 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.

II.1.3.1 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). Le Tableau 3 et la Figure 24 représentent les moyennes mensuelles des températures extrêmes corrigées pour la période 2002-2012.

Tableau 3 : 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

CHAPITRE II MATERIEL ET METHODE

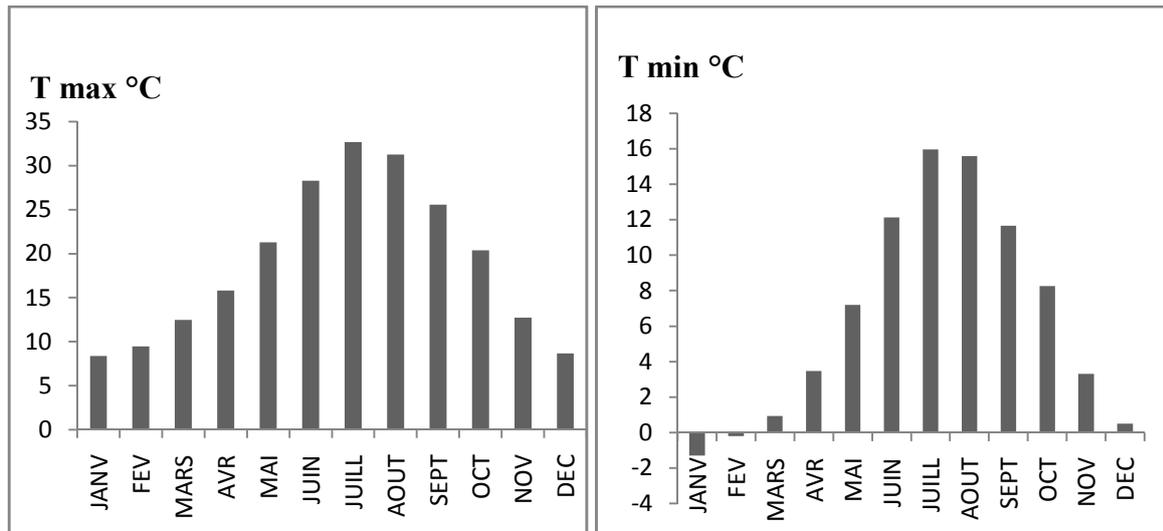


Figure 24: Les températures extrêmes enregistrées dans la region de Theniet el Had durant la période annuelle 2002-2012

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. (Tableau 3Figure 24).

II.1.3.2 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. Le Tableau 4 et la Figure 25regroupent Moyennes mensuelles des précipitations corrigées pour la période 2002-2012.

Tableau 4: 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

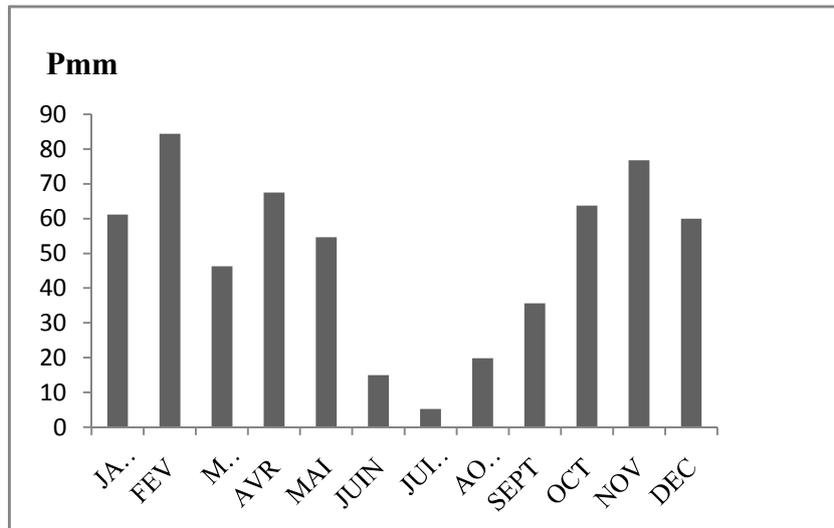


Figure 25: les précipitations moyennes mensuelles enregistrées dans la région de Theniet el Had durant la période annuelle 2002-2012

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 : 25 et Tableau : 4).

II.1.3.3 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.

II .1.3.3.1 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 5), le quotient ombrothermique d'Emberger place la région Theniet El Had dans l'étage bioclimatique Sub humide à Hiver froids (Figure 26).

CHAPITRE II MATERIEL ET METHODE

Tableau5: 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

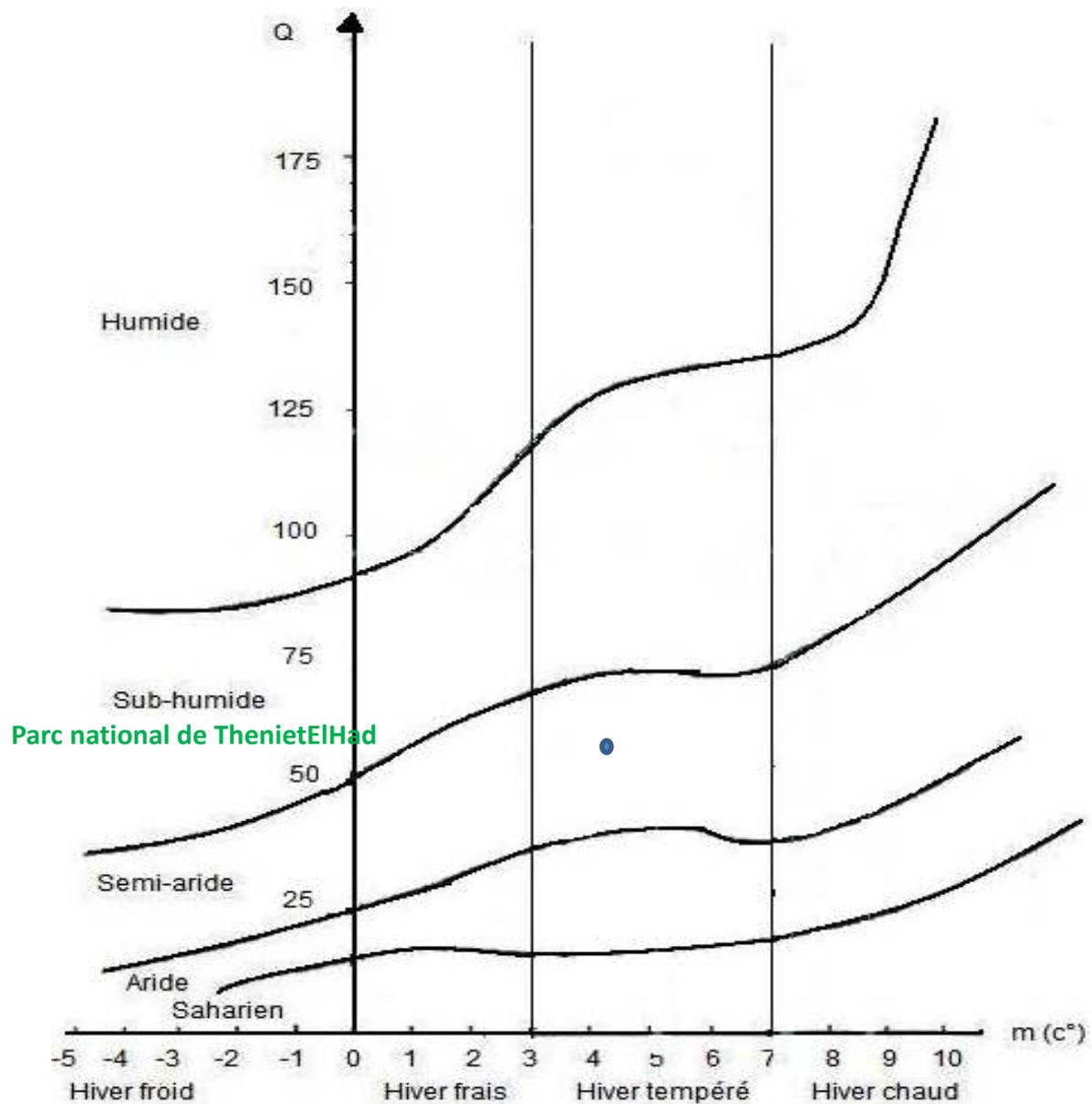


Figure26: Etage bioclimatique et variante thermique pour la période (2002-2012) de la région de Theniet El Had.

CHAPITRE II MATERIEL ET METHODE

II.1.3.3.2 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 (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.

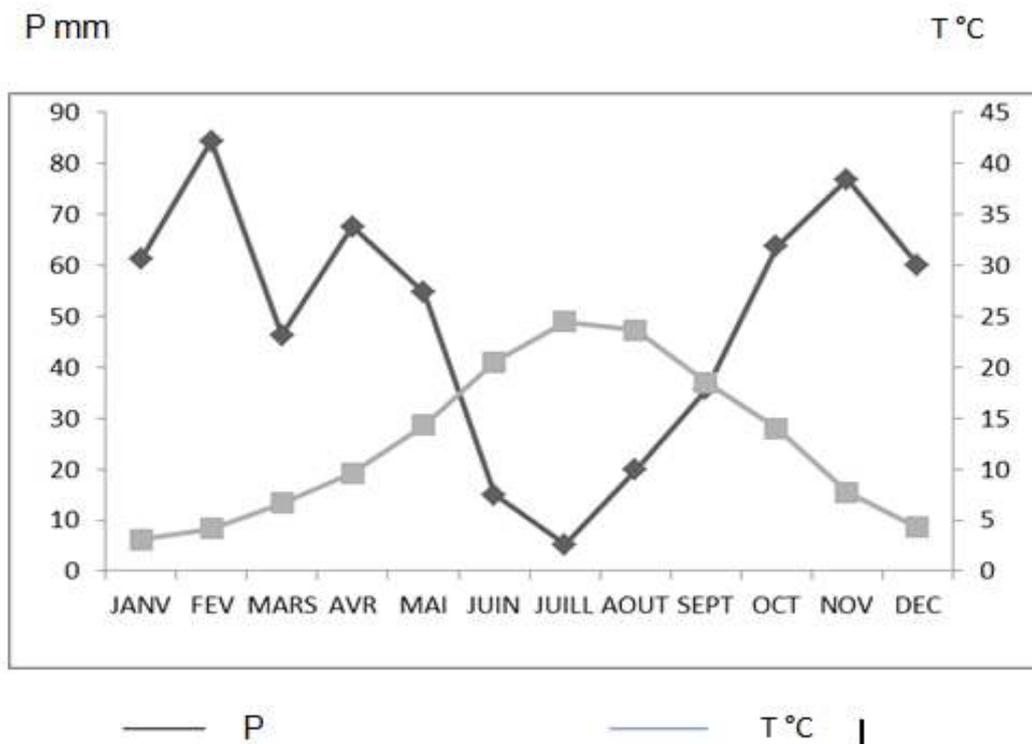


Figure27: Diagramme ombrothermique de Gausson pour la période (2002-2012) de la région Theniet el Had.

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 (Figure27).

CHAPITRE II MATERIEL ET METHODE

II.2 Objectif

Le parc national de Theniet El Had est un site protégé, il renferme une richesse floristique et faunistique d'un grand intérêt biologique. La cédraie du parc présente une originalité floristique, physionomique et écologique remarquables (YAHY et MADIOUNI, 1997). Cependant la présence de certains ravageurs notamment les défoliateurs constitue une préoccupation permanente pour les responsables du parc. La propagation de la processionnaire du pin dans le parc de Theniet El Had est un véritable danger pour les peuplements de cèdre. En effet, l'abondance des nids d'hiver dans la cédraie est très préoccupante vu que les moyens de lutte restent limités à cause du caractère protégé du site. Dans ce contexte, l'étude de la répartition écologique des nids d'hiver est très nécessaire pour caractériser la dynamique des infestations de la processionnaire dans la cédraie de Theniet El Had. Dans ce cadre nous avons entrepris ce travail qui vise la caractérisation des facteurs qui peuvent intervenir dans la répartition et la distribution des populations de la processionnaire afin de mettre en place les moyens qui peuvent diminuer les infestations et permettre de mieux appréhender la dynamique des populations larvaires de ce ravageur.

II.3 Méthodologie adoptée

II.3.1 Matériel utilisé

Afin d'effectuer le dénombrement des nids d'hiver nous avons utilisé les appareils de localisation suivants :

- GPS (appareil de Géo-positionnement par satellite)
- Appareil photo
- Altimètre
- Boussole

II.3.2 Dénombrement des nids d'hiver

Avant de commencer le comptage des nids, des sorties de prospections régulières sur le terrain ont été effectuées pendant les mois de mars et d'avril afin de localiser les stations d'étude. A l'aide d'un altimètre, nous avons déterminé 5 stations correspondant à 5 altitudes (de 1200m à 1600m) avec une dénivellée de 100 m. Les arbres des stations retenues pour le comptage ont été choisis d'une manière aléatoire. Dans chaque station les comptages ont été effectués en fonction de l'exposition, ainsi toutes les expositions ont été considérées à l'aide d'une boussole. Au total 200 arbres ont été dénombrés soit 40 arbres par altitude et 10 arbres par direction ; Nord, Est, Ouest, Et Sud. Les résultats de comptage ont été mentionnés dans des tableaux (Figure 28) .

CHAPITRE 3

RESULTATS ET DISCUSSION

III.1 RESULTATS

Le dénombrement des nids d'hiver en fonction des facteurs écologiques ; l'altitude et les expositions à savoir Est, Ouest, Nord, et Sud a donné les résultats suivants :

III.1.1 Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire par altitude

Selon le facteur altitude, les observations ont montré que le nombre de nids d'hiver varié de 355 à 394. En effet la cédraie de Theniet el Had est fortement infestée et la présence des nids est très importante au niveau des 5 stations prospectées. Le taux d'infestation calculé varié de 19,05% à 21,14% (Tableau 6 et Figure 29).

Tableau 6 : Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire par altitude.

Station	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5
Végétation	Cèdre Chêne liège Chêne vert	Cèdre Chêne liège Chêne vert	Cèdre Chêne vert	Cèdre Chêne vert	Cèdre pur
Climat	Sub humide	Sub humide	Sub humide	Sub humide	Sub humide
Altitude	1200m	1300m	1400m	1500m	1600m
Nombre des nids	381	355	379	354	394
Taux d'infestation%	20,45%	19,05%	20,34%	19,00%	21,14%

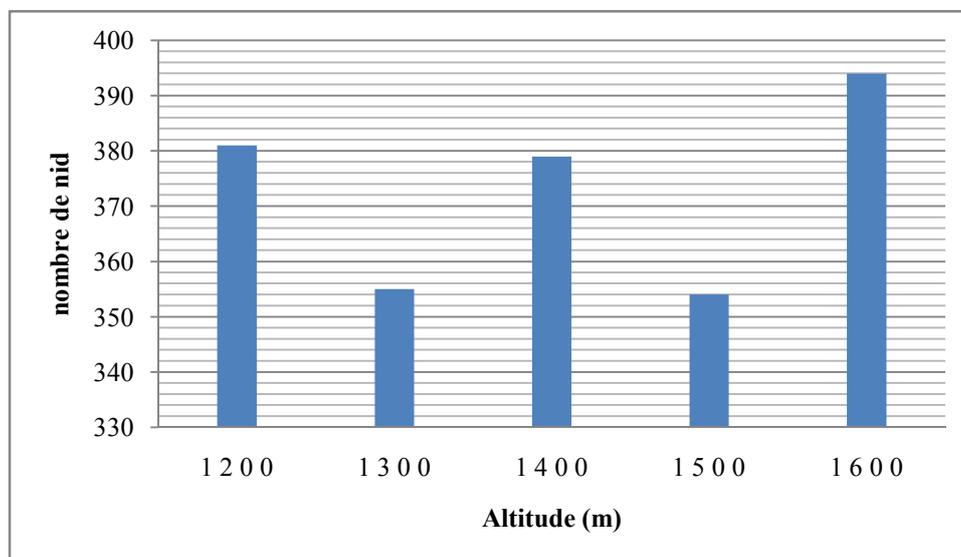


Figure 29 : Répartition des nids d'hiver par altitude dans le Parc National de Theniet el Had

III.1.2 Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire par exposition

Selon le facteur exposition, le nombre de nids d'hiver et le taux d'infestation varient respectivement de 473 à 491 et de 24,04 à 26,35%. Les observations montrent que l'exposition Ouest reste la plus favorable avec un totale de 491 nids (Tableau 7 Et Figure 30).

Tableau 7 : Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire par exposition

Exposition	Nord	Sud	Est	Ouest
Climat	Sub humide	Sub humide	Sub humide	Sub humide
Nombre de nid	473	448	451	491
Taux d'infestation%	25,38%	24,04%	24,20%	26,35%

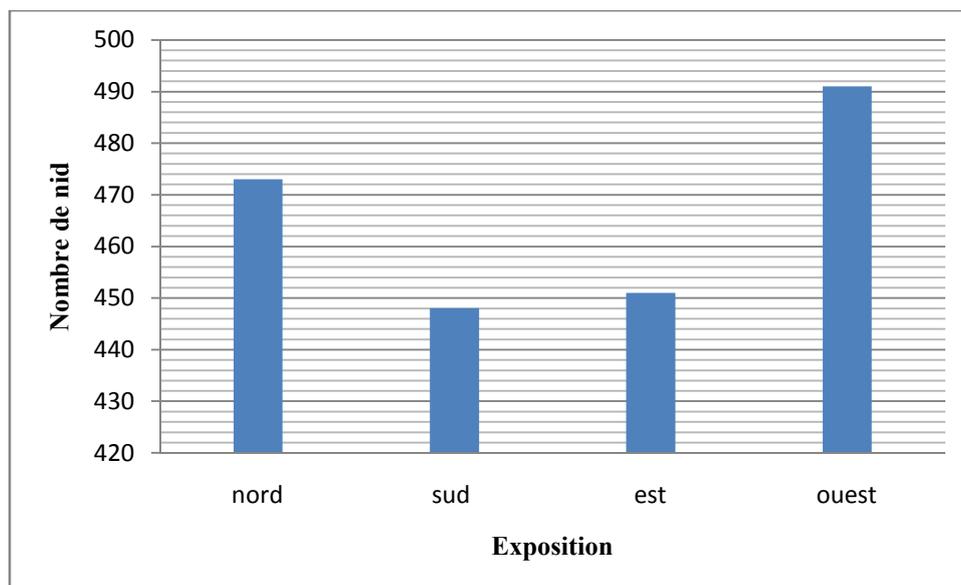


Figure30 : Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire par exposition dans le Parc National de Theniet el Had

III.1.3 Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire par station

➤ Station 1 (1200m)

A 1200 m, le peuplement est un mélange, composé de cèdre, chêne liège, et chêne vert mais à dominance de cèdre. Dans cette station, le nombre total est de 381 nids, les arbres le plus infectés sont exposés nord avec un taux de 27,03 (Tableau 8 Et Figure 31).

Tableau8 : Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire dans la station 1200 m

Station 1 : 1200m	Cèdre, Chêne liège, Chêne vert			
	Nord	Sud	Est	Ouest
Exposition				
Nombre de nid	103	96	98	84
Taux d'infestation%	27,03	25,19	25,72	22,04

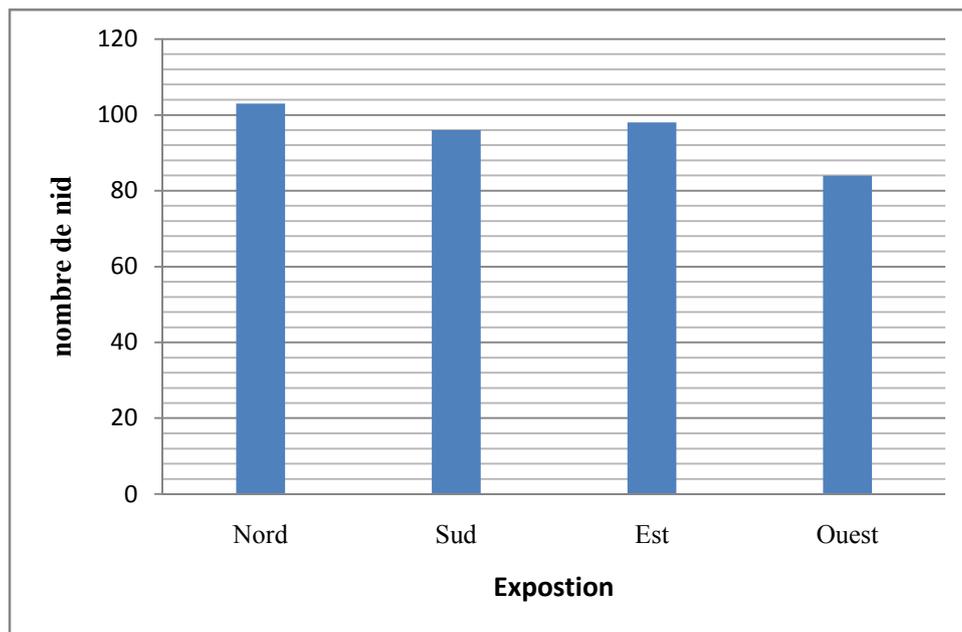


Figure 31 : Répartition des nids d'hiver dans la station 1200 m dans le Parc National de Theniet el Had

➤ **Station 2 (1300m)**

Le peuplement qui occupe la station se trouvant à 1300m d'altitude est composé de cèdre et chêne vert. Le taux d'infestation dans ce peuplement varie de 21,12 à 29,29% et l'exposition Ouest reste toujours la plus favorable pour la processionnaire du pin. (Tableau 9 et Figure 32).

Tableau 9: Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire dans la station 1300 m

Station 2 : 1300m	Cèdre, Chêne liège, Chêne vert			
	Nord	Sud	Est	Ouest
Exposition				
Nombre de nid	93	75	83	104
Taux d'infestation%	26,19	21,1	23,38	29,29

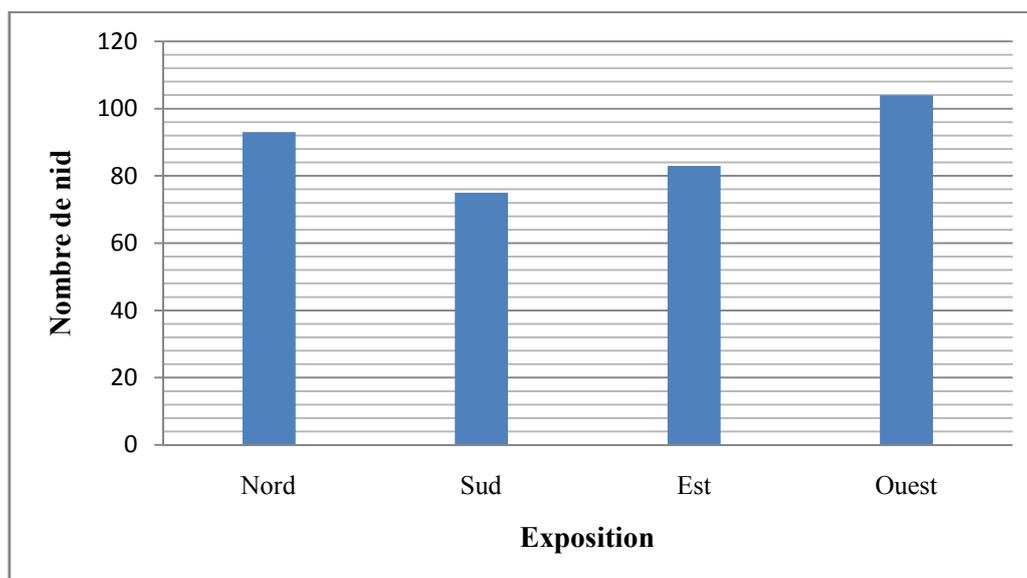


Figure 32 :Répartition des nids d'hiver dans la station 1300 m dans le Parc National de Theniet el Had

➤ **Station 3 (1400m)**

A 1400m d'altitude, le peuplement est composé de cèdre, et de chêne vert. Le nombre total de nid est de 379, dont l'exposition Ouest représente le taux d'infestation le plus élevé avec 31,66% (Tableau 10 et Figure 33).

Tableau 10: Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire dans la station 1400 m

Station 3 : 1400m	Cèdre, Chêne vert			
	Nord	Sud	Est	Ouest
Exposition				
Nombre de nid	87	87	85	120
Taux d'infestation%	22,95	22,95	22,42	31,66

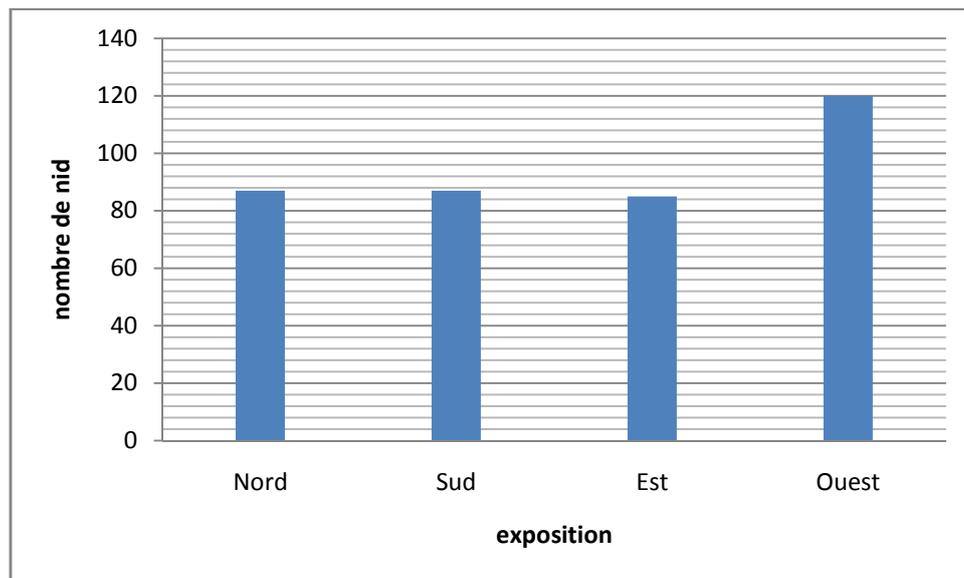


Figure 33 :Répartition des nids d'hiver dans la station 1400 mdans le Parc National de Theniet el Had

➤ **Station 4 (1500m)**

A 1500m d'altitude, le peuplement est composé de cèdre, chêneliège, et chênevert .
Le nombre de nid est de 355, les arbres le plus infectes sont expose ouest avec un taux 29,29%(Tableau 11 et Figure 34)

Tableau 11: Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire dans la station 1500 m

Station 4 : 1500m	Cèdre, Chêne vert			
	Nord	Sud	Est	Ouest
Exposition	Nord	Sud	Est	Ouest
Nombre de nid	93	75	83	104
Taux d'infestation%	26,19	21,12	23,38	29,29

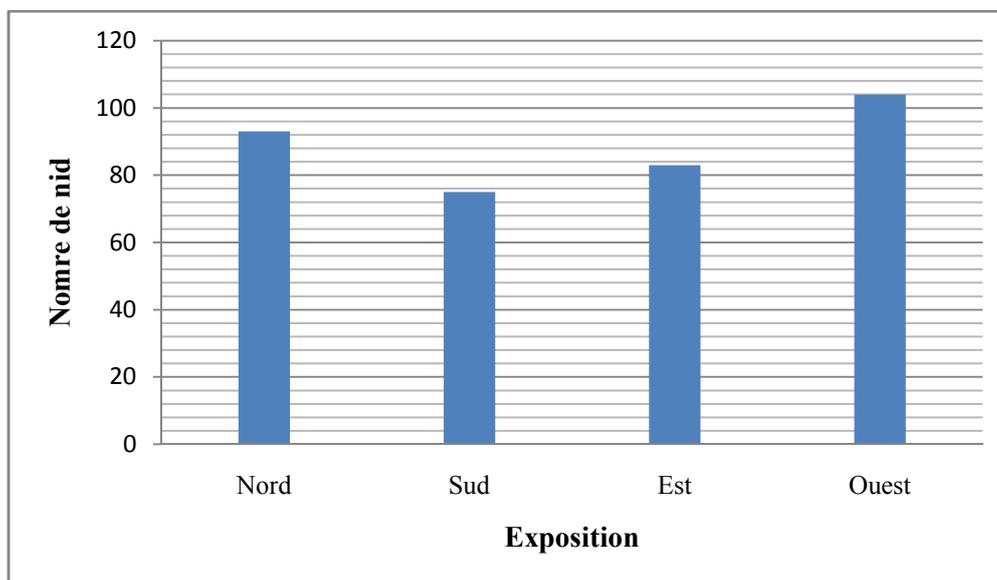


Figure 34 : Répartition des nids d'hiver dans la station 1500 m dans le Parc National de Theniet el Had

➤ **Station 5 (1600m)**

Dans cette station d'altitude, les peuplements de cèdre sont purs. Le nombre de nids est de 394. A cette altitude la processionnaire préfère les arbres exposés sud, dont le taux d'infestation est de 25,88 % (Tableau 12 Et Figure 35)

Tableau 12 : Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire dans la station 1600 m

Station 5 : 1600m	Cèdre			
	Nord	Sud	Est	Ouest
Exposition				
Nombre de nid	98	102	96	98
Taux d'infestation%	24,87	25,88	24,36	24,87

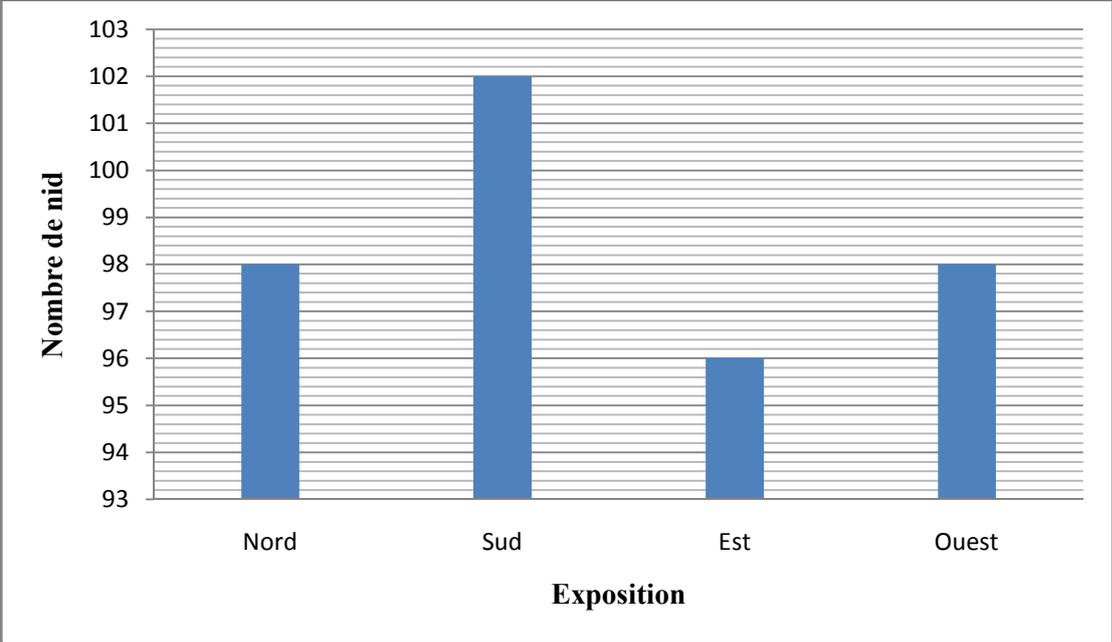


Figure 35 :Répartition des nids d’hiver dans la station 1600 m dans le Parc National de Theniet el Had

CONCLUSION

Le parc national de Theniet el Had est l'unique cédraie occidentale en Algérie. Elle renferme d'importants peuplements qui contribuent à la conservation des différentes composantes du site. Dans ce cadre la protection de cette cédraie contre tout facteur de dégradation est un souci qui mérite beaucoup de réflexions afin de protéger la spécificité du Parc.

La chenille processionnaire du pin, qui constitue le défoliateur le plus dangereux actuellement continue son expansion géographique inexorablement, en liaison avec les changements climatiques. Ceci peut révéler des problématiques dans les années à venir, si l'expansion géographique de la chenille processionnaire du pin se poursuit au rythme actuel. Notre étude a montré une forte infestation de la cédraie du Parc National de Theniet el Had. Toutes les stations sont caractérisées par une forte abondance des nids. Le nombre de nid par arbre est très élevé environ 10 nids. La répartition altitudinale a montré l'absence des facteurs défavorables notamment les températures minimales ce qui permet à ce ravageur de coloniser les sites d'altitude et de d'augmenter son aire de répartition. Ce phénomène est probablement lié aux effets de réchauffement climatiques qui a été signalé par de nombreux auteurs. Par ailleurs, l'exposition Sud ne constitue plus la direction recherchée pour le positionnement des nids d'hivers car les conditions environnementales sont en générale favorables et le choix de l'exposition est une stratégie qui permet à l'insecte de profiter de meilleures conditions pour avoir le meilleur développement larvaire. Ainsi dans la cédraie de Theniet el Had, l'exposition Ouest est la plus fréquente.

En ce qui concerne, la plante hôte, le nombre de nid est très élevé dans la station caractérisée par les peuplements purs de cèdre. Ceci peut être lié à la qualité des aiguilles de cèdre ce qui met en danger cet essence qui représente l'espèce la plus adaptée aux montagnes de l'Afrique du nord. Il ressort que les mesures de protection de cette espèce doivent prendre en considération tous les facteurs de risque qui peuvent directement ou indirectement menacer l'existence des peuplements de cèdre dans cette région.

La protection des peuplements forestiers de la région de Theniet el Had contre la processionnaire doit passer par un réseau de surveillance capable de détecter les mouvements de la processionnaire. Les informations récoltées à partir de ce dispositif doivent être intégrées dans la stratégie globale de lutte contre la processionnaire du pin. Quant aux moyens de lutte, ils doivent reposer sur les données stationnelles à savoir les ennemis naturels de la processionnaire et les mesures de lutte qui doivent être basées sur les moyens biologiques et

mécaniques. L'efficacité de ces méthodes est fortement liée au calendrier des interventions qui doit obligatoirement respecter les cycles biologiques de l'insecte et de ses ennemis naturels. Pour conclure, il est important de renforcer d'une part les services concernés par la protection directe de ces écosystèmes en moyens matériels et humains et d'autre part les recherches scientifiques qui fournissent les informations biologiques sur l'insecte.

DISCUSSION

III.2 Discussion

Le cèdre de l'Atlas est une espèce endémique des montagnes du nord d'Afrique, elle joue un rôle écologique et socioéconomique très important dans ces régions méditerranéennes. De ce fait sa protection, doit reposer sur une stratégie qui tient compte de l'état des lieux de ses peuplements sur les plans biotique et abiotique. La chenille processionnaire est un ravageur qui s'intensifie chaque année. Son extension augmente de plus en plus à cause de réchauffement climatique. Les dégâts constatés sur la cédraie de Theniet El Had sont très visibles à travers le nombre de nids d'hiver. En effet, les chenilles de ce ravageur peuvent entraîner des défoliations qui peuvent être totales surtout chez les jeunes arbres. Ces défoliations provoquent une fragilisation des arbres qui conduit sous l'effet des autres facteurs notamment l'attaque des autres bioagresseurs au dépérissement des arbres.

L'étude des infestations de la cédraie par processionnaire via le dénombrement des nids d'hivers permet d'estimer le niveau des populations de cet insecte et d'évaluer le taux d'infestation, et ce afin de décider sur l'intervention. IL faut signaler que le nid d'hiver est une structure vitale pour la processionnaire, il permet aux chenilles de survivre durant l'hiver en faisant office de radiateur solaire avec une température à l'intérieur du nid supérieure à la température extérieure durant la période d'insolation.

Les résultats obtenus sur terrain dans le Parc National de Theniet El Had ont montré une présence importante des chenilles processionnaires du cèdre donnant lieu à une situation exceptionnelle cette année (2018-2019). Une grande partie du parc est touchée et avec une forte présence des nids d'hiver. Le nombre de ces nids observés est très élevé dans les cinq cantons prospectés. En effet, les résultats ont montré que le nombre total de nids compté sur 200 arbres est de 1863 nids ce qui correspond environ à 10 nids par arbre.

Selon les facteurs considérés, l'altitude reste un facteur principal dans la distribution des nids d'hiver. Les résultats obtenus dans le Parc National de Theniet El Had montrent que les stations d'altitude à 1600m caractérisées par les peuplements de cèdre sont les plus favorables pour la construction des nids avec un taux plus élevé de 21,14 %. Néanmoins, il faut signaler que l'abondance des nids caractérise toutes les stations, ce qui permet de constater une similitude dans la répartition des nids en fonction de l'altitude ; les mêmes observations ont été données par Battisti et al .1989 . Démolin (1969) a noté que la processionnaire fuit les fortes températures de l'été par la colonisation des sites de haute altitude. Par ailleurs, il faut signaler que la distribution géographique de cette espèce est en

DISCUSSION

grande partie contrôlée par les températures minimales hivernales (Battisti et *al.*, 2005; Huchon et Démolin, 1970). Une étude récente a montré que l'aire de distribution de la PP est en expansion vers le nord de la France et en altitude sous l'effet du changement climatique (Battisti et *al.*, 2005; Robinet et *al.*, 2007 ; Robinet et *al.*, 2010). En ce qui concerne le positionnement des nids, les résultats obtenus montrent que dans la cédraie de Theniet el Had, l'exposition Ouest reste la plus recherchée avec un taux de 26,35 %. Quant aux autres directions les taux sont proches et varient entre 24,04% à 25,38%. GERI (1984) et ZAMOUM (1998) ont montré que les positions orientées vers le sud sont les plus favorables par contre SEBTI (2011) a souligné que les expositions Est et Ouest sont très fréquentes à Chréa.

L'abondance des nids d'hiver peut être liée à la plante hôte. En effet, le *P. pinaster* n'est pas très attaqué dans le sud de la France ou en Espagne mais est attaqué de façon significative dans les Landes (France). Le cèdre n'est pas attaqué dans la région du Mont Ventoux (France), mais porte de grosses colonies en Afrique du Nord (Geri, 1980). L'expansion de la processionnaire du pin peut avoir de graves conséquences pour le milieu. La présence de ce ravageur sur un arbre ne provoque généralement pas sa mort, mais elle engendre une défoliation qui dans certains cas peut être particulièrement importante avec plus de 90% des aiguilles défoliées dans certains cas. Mais la défoliation aura également un impact sur les propriétés physico chimiques des aiguilles qui repousseront les saisons suivantes (Kaitaniemi et *al.*, 1999). De ce fait, la processionnaire du pin va pouvoir avoir un impact sur les espèces associées aux pins et notamment sur celles qui se nourrissent de leurs aiguilles. Il y aura un impact qui affecte les générations suivantes de la processionnaire du pin (Hodar et *al.*, 2004). Dans le Parc National de Theniet El Had, les résultats ont révélé que les stations étudiées sont toutes favorables au développement de la processionnaire du pin. Ceci peut être lié à la plante hôte qui est le cèdre et aux conditions écologiques notamment la température qui constitue le facteur le plus important dans la propagation de ce ravageur dans sites d'altitude.

En définitif, la distribution altitudinale de la processionnaire montre une forte infestation de la cédraie de Theniet el Had et l'altitude ne constitue plus une limite de propagation de ce défoliateur. Dans ce cadre, il y'a lieu de renforcer les mesures de surveillance et combiner les différentes méthodes de lutte ; biologique et mécanique afin de réguler les populations de la processionnaire dans ce site protégé.

REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **ABDELHAMID.D,1992** – Contribution à l'étude des insectes du Cèdre de l'Atlas *Cedrusatlantica. Manetti* (1844) dans la cédraie de ThenietElHad. Thèse d'ingénieurat Université de Blida 68 p.
2. **AGENJO R., 1941**- Monographie de la famille des Thaumetopoeidae (Lep.). Eos, 17, 69-128.
3. **AVTZIS N., 1986** - Development of *Thaumetopoeapityocampa Schiff.* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) in relation to food consumption. Forest Ecology and Management 15, 65-68.
4. **BAGNOULS ., GAUSSEN .,1953** - Saisons sèches et indice xérothermique. Document Pour les cartes de production végétale. Toulouse. Série généralités .T3.1953. Vol 1 Art 8.
5. **BATEL.D, 1990** - Contribution à l'étude de la productivité du *Cedrusatlantica (Manetti)* en relation avec la station écologique application au Parc National de Theniet.El.Had. Thèse d'ingénieurat.INA –Alger. 62 p.
6. **BATTISTI, A., COLAZZA, S., ROVERSI, P. F., TIBERI, R., 1988.** Alternative hosts of *Ooencyrtuspityocampae* (Mercet) (Hymenoptera Encyrtidae) in Italy. Redia 71, 321-328.
7. **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.
8. **BILIOTTI, E., 1956.** Biologie de *PhryxecaadataRondani* (Dipt. Larvaevoridae), parasite de la processionnaire du pin (*ThaumetopoeapityocampaSchiff.*). Revue de Pathologie Végétale et d'Entomologie Agricole de France, 50-65.
9. **BONNET C., MARTIN J C., 2008** - Quand un ravageur forestier devient un problème sanitaire. NPI 54, p. 23-25.
10. **BOUCHON J., TOTH J., 1971**- Étude préliminaire sur les pertes de production des pinèdes soumises aux attaques de la processionnaire du pin *ThaumetopoeapityocampaSchiff.* Ann. Sc.For.28(3):323-340.
11. **BOUDY P., 1950** - Economie forestière Nord Africaine : Monographie et traitements des essences forestières. Éd. Larose, T 2(II), Paris, 878 p.

12. **BOUDY P., 1952** - Guide du forestier en Afrique du Nord .Les essences Forestières
.Edition la maison rustique, 505 p.
13. **DAJOZ.R 1980** : Ecologie des insectes Forestiers.Ed : bordas paris, 505p.
14. **DAJOZ.R 1985** : Précis d'écologie. Ed : Dunod, Paris, 505p.
15. **DAJOZ R. 1998** - Les insectes et la forêt. ed. Lavoisier Tec &Doc. 594 p. Paris.
16. **DÉMOLIN G., 1967b** - Grégarisme et subsocialité chez
ThaumetopoeapityocampaSchiff. Nid d'hiver – activité de tissage. C. R. Ve congrès de
l'union internationale pour l'étude des insectes sociaux. pp 69-77.
18. **DÉMOLIN G., DELMAS J.C., 1967a** - Les éphippigères (Orthoptères
Tettigoniidae) prédateurs occasionnels, mais importants de
ThaumetopoeapityocampaSchiff. Entomophaga. 12(4) :399-401.
19. **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.

20. **DEMOLIN,G. (1969a)**-Comportement des adultes de
ThaumetopoeapityocampaSchiff. Dispersion spatiale, importance économique.
Annales des Sciences Forestières 26, 81-102.
21. **DEMOLIN G., 1969b** - Bioecologica de la processionnariadelpino,
Thaumetopoeapityocampa. Incidencia de los factoresclimaticos. Bol. Serv. Plagas
Forest. 23: 9-24.
22. **DÉMOLIN G., 1969c** - La processionnaire du pin. Note d'information sur la biologie
et sur les techniques de lutte.
23. **DÉMOLIN G., 1971-** Incidences de quelques facteurs agissant sur le comportement
social des chenilles de *ThaumetopoeapityocampaSchiff*. (Lepidoptera) pendant la
période des processions de nymphose - Répercussions sur l'efficacité des parasites.
Ann. Zool. – Écol. Anim. Hors série : 33-56.
24. **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.
25. **DEMOLIN G., ABGRALL J.F., BOUHOT-DELDUC L., 1996** - Evolution de
l'aire de la processionnaire du pin *Thaumetopoeapityocampa Denis et Schiff*. (Lep.,
Thaumetopoeidae) en France. Les cahiers du DSF, 1, 26-28.

26. **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.
27. **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.
28. **EMBERGER L., 1971-**Travaux de botanique et d'écologie. Paris. Masson. 520 p + 1carte.
29. **ETUDE BULGARE 1984**–Projet Aménagement de l'Ouarsenis Vol 19, 169+ annexe.
30. **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
31. **FERRANDÈS P., 1986** - Cèdres. *Revue forestière française*, vol. XXXVIII, n° spécial “Amélioration génétique des arbres forestiers”, pp. 139-141.
32. **FRAVAL A., 2007-** Les processionnaires 1er partie - La processionnaire du pin. *Insectes*n°147, pp : 35-39.
33. **FOSA .,2001-** Etude prospective du secteur forestier en Afrique (FOSA) : Algérie. FAO, Rome, 50p.
34. **GACHI M., 1996** - La chenille processionnaire du pin *ThaumetopoeapityocampaSchiff*. Conférence Journée d'étude en protection des forêts C.F.A.T.S.- Jijel. 17 pp.
35. **GERARD .M 2005a** -Autécologie des essences forestières. Comment installer chaque essence à sa place. Ed : Lavoisier, Tome 01, 345p.
36. **GERI C., 1980** - Application des méthodes d'études demecologiques aux insectes défoliateurs forestiers. Cas de *Diprionpini L.* (Hymenoptère, Diprionidae). Dynamique des populations de la processionnaire du pin *ThaumetopoeapityocampaSchiff*. (Lepidoptère, Thaumetopoeidae) dans l'île de Corse. Thèse doct. Etat, Orsey, Université Paris-Sud, 260p.
37. **GOUSSARD F., SAINTONGE F.X., GERI C., AUGER-ROZENBERG M A., GROJEAN AL., BAUDOUIN C., FLAMANT S., 1998** - Incidences Environnementales et sanitaires des chenilles processionnaires et de leurs traitements en France. Atelier santé environnement IGS, ENSP, Rennes. 3p.

38. **GUERRERO A., CAMPS F., COLL J., RIBA M. 1981**- Identification of a potential sex pheromone of the processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera, Notodontidae). Tetrahedron Lett. 22(21): Pp 2013-2016.
39. **HALIMI A., 1980** - L'Atlas Blideen, climat et étages végétaux OPU. Alger, 523 p.
40. **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.
41. **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.
42. **JACAMON M. 1997** - Guide de dendrologie : arbres, arbustes, arbrisseaux des forêts françaises. Ed: ENGREF, Nancy, p348
43. **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.
44. **Kaitaniemi, P., Ruohomaki, K., Tammaru, T., & Haukioja, E. (1999)** Induced resistance of host tree foliage during and after a natural insect outbreak. Journal of Animal Ecology, 68, 382-389.
- 45.
46. **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.
47. **KERRIS T., 1983**-La processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Note technique I.N.R.F. 17 pp.
48. **LANIER, L. (1993)**- Les champignons des cédraies en Algérie. (Etude comparative.) Ann. Rech. For. Maroc. 27 Vol 2 :554-561.
49. **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.
50. **LEDANT, JP. (1975)** - Essences forestières algériennes (Indigènes et exotiques) Notes de dendrologie. Dépt de forêt. INA El-Harrach. Alger:133p
51. **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 Forestières, 34, 205-214.

52. **LETREUCH -- BELAROUCI, N. (1991)** -Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Vol. 1 ; Office des Publications Universitaires. Alger : 294 p
53. **LOUKKAS A., 2006** - Atlas des parcs nationaux algériens, Direction Générale des Forêts. Parc national de théniet El Had.98p.
54. **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.
55. **MARTIN J C., MAZET R., 2001**- winter control of pine processionary Caterpillar. Phytoma, 540, 32-35.
56. **MARTIN J.C. (2005)**-La processionnaire du pin : *Thaumetopoeapityocampa* (Denis et Schiffer müller). Biologie et protection des forêts. INRA Avignon.61p.
57. **Martin, J. C., Bonneau, X., 2006**-Bacillus thuringiensis, 30 years of control of cluster caterpillars. Phytoma 590, 4-7.
58. **MASUTTI,L.,1964**-Ricerche Sui parassitioofagidellaThaumetopoeapityocampaSchiff. Annalidel Centro di Economia Montana delle Venezie 4, 205-271.
59. **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.
- 60.
61. **M'HIRIT O., 1993** - Le cèdre de l'Atlas (*CedrusatlanticaManetti*). Présentation générale et état des connaissances à travers le Réseau Méditerranéa « le CEDRE ». Ann.Rech.For.Maroc.Vol 22.
62. **M'HIRIT O., 2006** - Le cèdre de l'Atlas : Mémoire du temps. Éd. MARDAGA. 288 p.
63. **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.
64. **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.
65. **PARC NATIONAL DE THENIET EL-HAD, 2002** - Plan de gestion (2002-2007), Phase Aapproche descriptive etanalytique, 78 p.
66. **Parc National de Theniet El-Had, 2006** - Atlas des parcsnationauxalgériens.Alger :ED-DIWAN, 98p.

67. **QUEZEL P. & MEDAIL F. (2003)** - Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen, Elsevier, Collection Environnement, Paris, 573 p.
68. **QUEZEL., 1976** - Les forêts du pourtour méditerranéen, Notes techniques M.A.B.2 UNESCO .Paris. Pp9-34
69. **RABASSE J.M., 1967**-Évaluation de la réduction de la croissance des pins provoquée de la processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa Schiff.*). Note technique, INRF, Tunisie.
70. **RAMADE .F 1997** : Conservation des écosystèmes méditerranéens. Les fascicules du plan bleu 3. Ed : Diffusion Economica.185p
71. **Robinet C et al (2007)** : Are heatwaves susceptible to mitigate the expansion of a species progressing with global warming ? In Ecology and Evolution,
72. **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.
73. **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.
74. **ROBREDO F., 1963** - La nymphose chez *Thaumetopoea pityocampa Schiff.* Boletín Del Servicio de Plagas Forestales 12, 122-129.
75. **ROQUES A., 1983** - Les insectes ravageurs des cônes et grains de conifères en France. Ed. I.N.R.A., Paris, 135p.
76. **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.
77. **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.
78. **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.
79. **SEBTI S. 2011** - Caractéristiques biologiques et écologiques de la processionnaire, *Thaumetopoea pityocampa Schiff* (Lepidoptera : Thaumetopoeidae) sur le cèdre de

- l'atlas *CedrusatlanticaManett* dans le parc national de Chrea. Thèse magister université Saad Dahleb Blida (Algérie). 128 p.
80. **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.
81. **STEWART P., 1969** - Quotient pluviométrique et dégradation de la biosphère. Bull.Soc.Hist.Nat.Afr. Du Nord ; Alger.
82. **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.
83. **TOTH J., 1984** - La prévision des disponibilités de récoltes de cône de cèdre
84. **TOTH J., 1990** - Le cèdre III. Intérêt paysage. Cédraie touristique. Forêt privée. 195. 8p.
- 85. TOTH J 2005** : Le cèdre en France. Etude approfondie de l'espèce. Ed : Harmattan .207p
86. **Vega J., Vega J.M., Moneo I., Armentia A., Caballero M.L., Miranda A. (2004)** - Occupational immunologic contact urticaria from pine processionary caterpillar (*Thaumetopoeapityocampa*): 60-64.
87. **WAY M.J., PAIVA M.R., CAMMELL M.E., 1999** - Natural biological control of the pine processionary moth *Thaumetopoeapityocampa*(Den. & Schiff.) by the Argentine ant *Linepithemahumile* (Mayr) in Portugal. *Agricultural and Forest Entomology*, **1**, 27-31.
88. **ZAMOUM, M. (1998)**. Données sur la bio écologie, les facteurs de mortalité et la dynamique des populations de *Thaumetopoeapityocampa* Denis et Schiffermüller (*Lep, Thaumetopoeidae*) dans les pineraies subsahariennes de la région de Djelfa (Algérie). *Thèse de Doctorat, Univ. Des sciences de Rennes I, France*, 247 p.
89. **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.
90. **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.

91. **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.
92. **ZEDEK M., 1993** -Contribution à l'étude de la productivité du *CedrusatlanticaManetti*. (Cèdre de l'Atlas) dans le parc national de Theniet el Had. Thèse Magister, INA, Alger, 175p+ annexe.
93. **ZEMIRLI. M 2006** -Contribution à l'étude écodendrométrique de (CAM) déperissant Dans le parc national de Theniet el Had. Ed : Thèse Ing. Univ.IbnKhaldoun. TIARET ,60p