



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعرييرج

Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم بيئة ومحيط

Département d'Ecologie et Environnement



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Biodiversité et Environnement

Intitulé:

Les menaces de la forêt. Étude de cas : La chenille
processionnaire du pin d'Alep (*Thaumetopoea pityocampa*)
(Denis & Schiff). (1775)

Présenté par :

Bennenni Khawla & Bouguerra Nada

Soutenu le 11 / 06 / 2024, Devant le Jury :

Président :	Mr. ZAFOUR Abdeldjalil	MCB	Université de B.B.A.
Encadrant :	Mme. BELLOULA Salima	MCB	Université de B.B.A.
Examineur :	Mme. REGOUI Chelbia	MAA	Université de B.B.A.

Année Universitaire 2023/2024

Remerciements

Je remercie Dieu tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience Pour terminer ce modeste travail.

Mes remerciements les plus sincères à notre encadrant Madame BELLOULA Salima 'avoir accepté d'encadrer ce travail. Je la remercie pour leur compréhension, leur encouragement Et leur orientation accordée tout au long de ce travail. Qu'elle trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Mes remerciements vont également aux cadres de Faculté SNV-STU. Je les remercie pour leurs compréhensions, leurs encouragements Et leurs orientations accordées tout au long de ce travail.

Aussi aux membres du jury, Nous adressons notre plus vif remerciement à : monsieur ZAFOUR Abdeljalil D'avoir accepté de présider le jury, et à madame REGOUI Chelbia D'avoir accepté d'examiner ce travail.

Et enfin Je présente mes vifs remerciements à tous ceux et celles qui m'ont aidé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Avec une profonde reconnaissance.

Dédicaces

À Nous chers parents.

À Nous.

*À Nous frères et sœurs aux
membres de nos familles.*

À toutes nos copines.

*À tous ceux qui nous ont aidés
Tout au long de ces années.*

À tous ceux qui nous sont chers.

Aux générations futures.

BENNENI. Khawla

BOUGUERRA. Nada

Table des matières

Table des matières

Table des matières	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Résumé	
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Les principaux facteurs sur la dégradation des forêts	3
1. Introduction	3
2. Les perturbations d'origines anthropiques	3
2.1. Les incendie	3
2.2. Défrichement.....	4
2.3. Surpâturage	5
2.4. Décharges sauvages en milieu naturel et forestier	5
2.5. Urbanisation ou étalement urbain.....	6
3. Perturbations naturelles	6
3.1. Désertification	6
3.2. Erosion.....	7
3.3. Ravageurs	7
Chapitre II : La chenille processionnaire du pin d'Alep (<i>Thaumetopoea pityocampa</i>) (Denis & Schiff). (1775).....	11
1. Généralités sur les chenilles processionnaires du pin	11
1.1. Historique	11
1.2. Présentation biologique	11
1.3. Identification	12
1.4. Principales espèces de chenilles processionnaires	12
2. Systématique	13
3. Répartition géographique	14
3.1. Distribution géographique de <i>Thaumetopoea pityocampa</i>	14
3.2. Répartition mondiale.....	14
3.3. En Algérie.....	15
4. Description des stades de développements	15
4.1. Ponte	15
4.2. Chenilles	16

4.3. Chrysalide	17
4.4. Emergence des adultes	17
4.5. Procession	18
4.6. Enfouissement.....	19
5. Comportement biologique.....	19
6. Dégâts causés par la chenille processionnaire.....	20
6.1. Dégâts sur la plante hôte	20
6.2. Dégâts sur l'homme et les animaux	21
6.3. Symptômes liés aux chenilles processionnaires.....	22
6.4. Conséquences environnementales et dégâts forestiers.....	23
6.5. Conséquences écologiques	23
6.6. Conséquences économiques.....	24
7. Moyens de lutte	24
Chapitre III : Le pin d'Alep (<i>Pinus halepensis</i> Mill.).....	31
Plantes hôtes.....	31
2. Généralité sur le pin d'Alep	31
3. Systématique	32
3. Répartition géographique du pin d'Alep	32
3.1. Dans le monde.....	32
3.2. En Algérie.....	34
4. Caractéristiques botaniques.....	35
5. Exigences climatique, édaphique et écologiques	37
5.1. Altitude.....	37
5.2. Exigences climatiques.....	38
5.3. Exigences édaphiques	38
Chapitre IV : Etude de cas.....	39
1. Présentation de la wilaya de bordj Bou Arreridj	39
2. Localisation géographique des forêts de la wilaya.....	39
3. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude	40
3.1. Climat	40
3.2. Température.....	40
4. Méthodologie de travail	42
4.1. Collecte des données.....	42
4.2. Réalisation de sortie sur le terrain	42
4.3. Analyse des archives de l'administration des forêts	43

5. Interprétation et discussion.....	46
5.1. Effet de la température sur les taux d'infestation de la chenille processionnaire <i>T. Pytiocampa</i> ..	46
5.2. Effet de la précipitation sur les taux d'infestation de la chenille processionnaire <i>T. Pytiocampa</i> .	46
5.3. Effet des incendies sur les taux d'infestation de la chenille processionnaire <i>T. Pytiocamp</i>	47
5.4. Effet des traitements sur les taux d'infestation de la chenille processionnaire <i>T. Pytiocamp</i>	48
Conclusion générale	49
Références bibliographiques	

Liste des tableaux

Tableau 1	Les avantages et les inconvénients de lutte mécanique (Brinquin et Martin, 2017)	26
Tableau 2	Les avantages et les inconvénients de lutte microbiologique (Brinquin et Martin,2017)	28
Tableau 3	Les avantages et les inconvénients de lutte sylvicole et la gestion des paysages (Brinquin et Martin, 2017)	28
Tableau 4	Répartition du pin d'Alep dans quelques pays du monde(cherak,2010)	33

Liste des figures

Figure 1	Triangle du feu.....	4
Figure 2	Défrichement dans une forêt.....	4
Figure 3	Surpâturage dans une forêt.....	5
Figure 4	Décharges sauvages dans une forêt.....	5
Figure 5	Dégradation des steppes à alfa de 1990 à 2002.....	6
Figure 6	Dégât de la processionnaire du pin sur le pin d'Alep.....	8
Figure 7	Dégât de (<i>Bombyx disparate</i>) <i>Lymantria dispar</i> sur le Chêne-liège.....	8
Figure 8	Dégât du Longicorne de l'eucalyptus (<i>Phoracantha semipunctata</i>) sur l'eucalyptus.....	9
Figure 9	Dégât de <i>Thaumetopoea bonjeani</i> sur le cèdre.....	10
Figure 10	Chenille processionnaire du pin.....	12
Figure 11	Chenille processionnaire du pin.....	12
Figure 12	Aspects morphologiques des différentes espèces du genre <i>Thaumetopoea</i>	13
Figure 13	Distribution géographique de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> dans le monde.....	14
Figure 14	Carte de la distribution de la chenille processionnaire du pin en Algérie.....	15
Figure 15	Ponte avec jeunes chenilles.....	16
Figure 16	Chenilles de la processionnaire du pin aux différents stades larvaires.....	16
Figure 17	Nid d'hiver de la chenille processionnaire du pin.....	17
Figure 18	Forme de chrysalide.....	17
Figure 19	Papillon de <i>Thaumetopoea pityocampa</i>	18
Figure 20	Procession de chenilles processionnaires du pin (a), Enfouissement des chenilles (b).....	18
Figure 21	Enfouissement des chenilles processionnaire du pin en forêt.....	19
Figure 22	Chronologie des écophases de développement de la processionnaire du pin <i>Thaumetopoea pityocamp</i>	20
Figure 23	Dégâts occasionnés par la processionnaire sur le pin d'Alep.....	21
Figure 24	Chenilles processionnaires du pin d'Alep.....	21
Figure 25	Troubles cutanés après contact les chenilles processionnaires.....	22
Figure 26	calendrier de lutte contre la chenille processionnaire.....	24
Figure 27	Eco-piège de chenille processionnaire.....	26
Figure 28	Piège à phéromone.....	28
Figure 29	Piégeage des chenilles par éco-pièges (A), (B).....	28
Figure 30	Nid d'hiver ouvert en absence des chenilles processionnaires du pin.....	29
Figure 31	Arbre de pin d'Alep	31
Figure 32	Aire de répartition du pin d'Alep dans le monde (<i>Pinus halepensis</i>).....	33
Figure 33	Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie	34
Figure 34	Ecorce du <i>Pinus halepensis</i>	35
Figure 35	Rameaux du <i>Pinus halepensis</i>	35
Figure 36	Feuilles du <i>Pinus halepensis</i>	36
Figure 37	Cônes du <i>Pinus halepensis</i>	36
Figure 38	Bois mort du <i>Pinus halepensis</i>	36
Figure 39	Graines du <i>Pinus halepensis</i>	37
Figure 40	Localisation géographique des forêts de la wilaya de Bordj Bou Arreridj.....	40
Figure 41	Histogramme des températures annuel à bordj Bou Arreridj pour la période 2010-2023.....	41
Figure 42	Histogramme des précipitations annuel à bordj Bou Arreridj pour la période 2010-2023.....	41

Figure 43	Histogramme de taux d'infestation total par la chenille processionnaire du pin à bordj Bou Arreridj pour la période 2010-2023.....	43
Figure 44	Histogramme des traitements réalisées à bordj Bou Arreridj pour la période 2010-2023.....	44
Figure 45	Histogramme des surfaces forestières incendiées à Bordj Bou Arreridj pour la période 2010-2023.....	45

Résumé

La chenille processionnaire du pin provoque de graves blessures aux pins d'Alep ainsi que la santé humaine dans les pays méditerranéens.

Ce travail vise à étudier l'état sanitaire des forêts de bordj Bou Arreridj vis-à-vis de ce ravageur, et à analyser le bilan d'infestation ainsi que les méthodes de lutte les plus utilisées pour le traitement phytosanitaire afin de minimiser ses dommages.

L'analyse des données récoltées nous a permis de comptabiliser la superficie totale touchée par cette chenille, ainsi que la superficie totale traitée à l'échelle de la wilaya de bordj Bou Arreridj enregistrées par la Conservation des Forêts forêts de Bordj Bou Arreridj entre 2010 et 2023.

Les résultats ont montré que la proportion de dommage causé par les larves et la zone traitée sont instable, fluctuant parfois à la hausse et diminuant plus lentement à d'autres moments en raison de plusieurs facteurs comme la gestion intégrée des ravageurs, les pratiques agricoles, les incendies, ainsi que les conditions météorologiques, autres que la température et les précipitations.

Cependant, la surveillance et l'utilisation continues de diverses méthodes pour minimiser les dommages que ces larves processionnelles peuvent causer doivent être constamment surveillés.

Mots clés : Forêt ; Bordj Bou Arreridj ; Chenille processionnaire ; Pins d'Alep ; Ravageur ; Infestation ; et Traitement.

Abstract

The pine processionary caterpillar causes serious injuries to Aleppo pines as well as human health in Mediterranean countries.

This study aims to assess the health status of forests in Bordj Bou Arreridj in relation to this pest, analyze the infestation report, and to analyze the infestation results as well as the control methods most used for phytosanitary treatment in order to minimize its damage.

The analysis of the collected data allowed us to quantify the total area affected by this caterpillar, as well as the total area treated at the scale of the wilaya of Bordj Bou Arreridj recorded by the Forest Conservation of Bordj Bou Arreridj between 2010 and 2023.

The results showed that the proportion of larval damage and the treated area are unstable, sometimes fluctuating upwards and decreasing more slowly at other times due to several factors such as integrated pest management, agricultural practices, combustion, as well as meteorology conditions, other than temperature and precipitation.

However, continuous monitoring and the ongoing use of various methods to minimize the damage these processionary larvae can cause must be constantly maintained.

Keywords : Forest ; Bordj Bou Arreridj ; Pine processionary caterpillar ; Aleppo pines ; Pest ; Infestation ; Treatment.

ملخص

تسبب دودة الصنوبر الجرارة إصابات خطيرة لأشجار الصنوبر الحلبي وكذلك للصحة البشرية في البلدان المتوسطية. يهدف هذا العمل إلى دراسة الحالة الصحية لغابات برج بوعريريج تجاه هذا الآفة، وتحليل حصيلة الإصابة وكذلك طرق مكافحة الأكثر استخدامًا للعلاج النباتي بهدف تقليل أضرارها.

سمح لنا تحليل البيانات التي تم جمعها بحساب المساحة الإجمالية المتضررة من هذه اليرقة، وكذلك المساحة الإجمالية المعالجة على مستوى ولاية برج بوعريريج التي سجلتها محافظة الغابات برج بوعريريج بين 2010 و2023.

أظهرت النتائج أن نسبة تلف اليرقات والمساحة المعالجة غير مستقرة، إذ تتأرجح صعوداً أحياناً وتتناقص بشكل أبطأ أحياناً أخرى نتيجة عدة عوامل مثل المكافحة المتكاملة للآفات، والممارسات الزراعية، والحرائق، فضلاً عن الظروف الجوية، بخلاف درجة الحرارة. وهطول الأمطار.

ومع ذلك، يجب مراقبة الرصد والاستخدام المستمر لمختلف الطرق لتقليل الأضرار التي يمكن أن تسببها هذه اليرقات الموكبية باستمرار.

الكلمات المفتاحية: غابة؛ برج بوعريريج؛ دودة الصنوبر الجرارة؛ صنوبر حلبي؛ آفة؛ إصابة؛ وعلاج.

Introduction générale

Introduction générale

L'écosystème forestier est un milieu naturel vivant, sa structure écologique et sa répartition géographique, jouent un rôle important dans la conservation de la nature contre les problèmes d'érosion et de désertification dans les zones semi arides (**Bouchou, 2015**).

Les forêts font face à deux types de perturbations, différents du point de vue d'origine et d'impact : perturbation naturelle et perturbation anthropique.

Les perturbations anthropiques présentent toutes les actions intentionnelles ou non faites par l'homme, causant des torts semblables à ceux identifiés lors des perturbations naturelles, mais dévastatrices et souvent irréparables car elles ne font pas partie d'un système cyclique de la forêt (**Mezard, 2017**). *La perturbation naturelle* est d'origine naturelle et fait partie du cycle de la vie des forêts : la sécheresse, la dynamique et l'influence des climats passés et actuels, les épidémies d'insectes et de maladies, le chablis, les interactions entre espèces (**Mezard, 2017**).

La chenille processionnaire du pin peut causer d'importants dégâts aux peuplements de pins, notamment le pin d'Alep (**Schvester, 1990**). Les arbres subissent une défoliation, une diminution de leur croissance et de leur résistance (**Bouhot-Delduc et Lévy, 1994**). Les poils urticants des chenilles représentent un danger pour la santé humaine (**Kaszak et al, 2015**).

Il est essentiel de comprendre l'état actuel du taux d'infestation de la chenille processionnaire pour évaluer l'ampleur de son impact sur nos écosystèmes forestiers (Bordj Bou Arreridj). En examinant de près les tendances récentes du taux d'infestation, nous pourrions mieux comprendre l'évolution de cette menace et élaborer des stratégies de gestion appropriées.

Cette étude de cas vise à analyser l'effet de ce ravageur sur les écosystèmes forestiers de notre région, en évaluant diverses données comme le taux d'infestation et les superficies traitées entre 2010 et 2023.

Pour atteindre cet objectif, nous avons recueilli des données auprès des services forestiers, réalisé des sorties sur le terrain et analysé des archives administratives. La recherche se concentre sur la compréhension des dynamiques de l'infestation et sur l'identification des méthodes de gestion les plus efficaces pour limiter les effets néfastes de la chenille processionnaire. En combinant des informations climatiques, écologiques et administratives.

Afin de mener et réaliser notre travail. Notre document est organisé comme suit (Forme de chapitre) :

Introduction générale ;

- Chapitre 1 : Principaux facteurs de dégradation de la forêt
- Chapitre 2 : La chenille processionnaire du pin d'Alep (*Thaumetopoea pityocampa*) **(Denis & Schiff). (1775)**
- Chapitre 3 : Le pin d'Alep (*Pinus halepensis Mill.*).
- Chapitre 4 : Etude de cas

Conclusion générale.

*Les principaux facteurs
de dégradation de la
forêt*

Chapitre

I

Chapitre I : Les principaux facteurs sur la dégradation des forêts

1. Introduction

Une forêt dégradée est une forêt qui perd la capacité à fournir des services écosystémiques ou subie des changements majeurs dans la composition des espèces. Cette dégradation est généralement causée par des perturbations dont l'ampleur, la qualité, l'origine et la fréquence sont variable (**Schoene et al, 2007**). Le processus de changement peut être naturel (feu, neige, ravageurs, maladies, pollution atmosphérique, changement de températures, etc.) ou anthropique (exploitation forestière non durable, collecte excessive de bois feu, cultures itinérantes, surpâturage, l'urbanisation, décharges sauvage, défrichements etc.) (**Simula, 2009**).

L'Algérie, comme dans toute la région méditerranéenne a connue des agressions humaines contre son milieu naturel et par conséquent une destruction de la flore et de la faune (**Louni, 1994**). Les principaux facteurs de dégradation et de déforestations en Algérie sont les incendies, le surpâturage et les défrichements (**Meddour-Sahar, 2014**).

2. Les perturbations d'origines anthropiques

2.1. Les incendie

L'incendie est une réaction de combustion non maîtrisée dans le temps et dans l'espace (**Jappiot et al, 2002**). Les feux de forêt ou incendies se déclarent dans une formation végétale, généralement de type forestière (forêts de feuillus ou/et de conifères) ou sub forestière (garrigues, maquis...). Ce terme désigne globalement les feux de forêt, de maquis ou de garrigues ayant brûlé au moins 1 ha de massif (**Cemagref, 1994**).

Pour qu'un feu de forêt se déclenche, il faut que trois paramètres fondamentaux soient en présence : le combustible, le comburant et la chaleur... On représente de façon symbolique cette association par le triangle du feu (**figure 1**).

Dans le triangle du feu, la végétation forestière constitue le combustible. Par sa composition et sa structure, par sa teneur en eau, elle exigera une température plus ou moins élevée pour s'enflammer, par sa densité et sa répartition sur le terrain (**Chautrand, 1972 in Meddour-Sahar, 2014**). Un comburant est le corps qui provoque et entretient la combustion du combustible. Le plus souvent, le comburant est constitué par l'oxygène présent dans l'air ambiant. La réaction de combustion est alors une oxydation (**Carbonnell et al, 2004**).



Figure 1 : Triangle du feu.

2.2. Défrichage

Le défrichage est une action de destruction totale et irrémédiable de la végétation en place, une disparition définitive de l'état boisé pour un autre usage, essentiellement pour satisfaire en terrain les besoins de l'agriculture et de l'élevage que tous les défrichements opérés à l'intérieur des formations végétales (**Benabdeli, 1996a in Kerrache, 2011**).

La forêt algérienne subit des pressions diverses et répétées réduisant considérablement ses potentialités végétales, hydriques et édaphiques. Parmi les facteurs de dégradation, il y a lieu de relever les défrichements : les populations montagnardes, privées de surfaces agricoles et marginalisées procèdent à des labours à la lisière des forêts. Ces pratiques, outre qu'elles ont un effet désastreux sur les sols, provoquent des antagonismes permanents entre les riverains et l'administration forestière guidée par un souci de protection des forêts (**Laouar, 2009**).

De ce fait, les défrichements, les incendies et le surpâturage sont les principaux facteurs de dégradation et de déforestations en Algérie (**Kerrache, 2011**).



Figure 2 : Défrichage dans une forêt.

2.3. Surpâturage

Le pâturage est une perturbation complexe ; les herbivores domestiques causent des pertes de la biomasse végétale, directement par défoliation et indirectement par le piétinement (Mekideche, 2018).

Le surpâturage entraîne des conséquences graves à la fois mécaniques (tassement du sol, asphyxie des racines) et écologiques ; modification de la composition floristique des groupements végétaux et la régression de certains taxons voire même leur disparition (Bouazza et Benabadi, 1998). Le pâturage intensif est donc la cause principale de l'évolution des espaces forestiers vers parfois les formations matorrals (Bouazza *et al*, 2001).



Figure 3 : Surpâturage dans une forêt.

2.4. Décharges sauvages en milieu naturel et forestier

Les déchets sauvages sont des déchets abandonnés dans l'environnement de manière inadéquate, volontairement ou par négligence, dans des zones accessibles au public ou sur des terrains privés avec ou sans le consentement du propriétaire. Il peut s'agir de dépôts concentrés (en tas comme les déchets issus de chantier par exemple) ou de dépôts diffus (mégots, bouteilles plastiques, emballages, etc.) (Marcoux *et al*, 2019).



Figure 4 : Décharges sauvages dans une forêt.

2.5. Urbanisation ou étalement urbain

L'urbanisation représente une menace majeure pour la biodiversité (**Grimm *et al*, 2008**). Dans les forêts urbaines, les conditions environnementales sont souvent radicalement modifiées par les activités anthropiques, menant ainsi à l'extinction locale d'espèces sensibles aux perturbations au profit d'espèces plus résistantes (**Mckinney, 2006**). En effet, l'environnement urbain agit comme une succession de filtres écologiques qui exercent une forte pression de sélection sur les traits fonctionnels des espèces (**Williams *et al*, 2009**), de façon analogue à la sélection naturelle, ce qui altère les processus d'assemblage des communautés.

3. Perturbations naturelles

3.1. Désertification

La désertification désigne la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches par suite de divers facteurs parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines (**DGF, 2004**). La désertification d'un milieu se traduit par des modifications profondes des propriétés biophysiques du sol (**Cornet, 2002 *in* Benslimane *et al*, 2008**).

La désertification est considérée comme l'une des problématiques environnementales les plus préoccupantes du 21 siècle. La désertification touche désormais presque la moitié de la superficie de la planète. Le problème de désertification touche des territoires occupant 39,2 % du globe terrestre, soit environ $51,6 \times 10^6$ km² de terres dégradées (**Thomas, 1995 *in* Benslimane *et al*, 2008**). L'Afrique du nord renferme, à elle seule, une superficie de $4,86 \times 10^6$ km² (**Arrar, 1993 *in* Benslimane *et al*, 2008**).



Figure 5 : Dégradation des steppes à alfa de 1990 à 2002 (**Nedjraoui et Bédrani, 2008**).

3.2. Erosion

On considère que plus de 12 millions d'ha sont soumis à l'action de l'érosion hydrique ; le climat, la pente, la nature lithologique et le manque de couverture végétale expliquent que près de 2000 à 4000 t/km²/an de sédiments sont arrachés des bassins versants de l'Atlas tellien, un taux d'érosion spécifique des bassins versant parmi les plus élevée du monde , l'envasement des barrages on est la conséquence direct où le taux d'envasement des barrages en Algérie est supérieur à 50% en zones arides et de 30 à 40% en zones telliennes (Mate, 2003), avec une durée de vie de nos barrages qui ne dépassant guère trente à cinquante ans (**Roose *et al*, 1993 in kerrache 2011**).

3.3. Ravageurs

La fragilité de l'écosystème forestier est un facteur particulièrement favorable à la multiplication des ravageurs. Les modifications du milieu forestier ont également une influence sur l'activité et la dispersion de divers ravageurs (**Chakali et Hezil, 2018**). Ainsi, en forêt méditerranéenne, les conditions climatiques (aridité estivale souvent prolongée) peuvent conférer aux dégâts d'insectes un impact peut-être plus important qu'ailleurs (**Schvester, 1990**).

Par ailleurs, les maladies et les insectes sont en majeure partie la cause des pertes en valeur et en productivité de nos ressources forestières (**Hammami, 1985 in Laala, 2016**).

Parmi les ravageurs forestiers, en Algérie la chenille processionnaire du pin est celle qui pose le plus de problèmes par l'intensité et la récurrence des gradations. Les cibles préférées de l'insecte sont les jeunes plantations de pin d'Alep, notamment celles réalisées dans des zones marginales ou en dehors de l'aire de l'espèce. Le bombyx disparate, sur les chênes, et le *Phoracantha*, sur l'eucalyptus, sont également des ennemis redoutables qui occasionnent de grandes pertes (**DGF, 2007**).

- **Chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*)**

Le principal insecte ravageur des forêts algériennes est sans doute la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*). La superficie infestée entre 2003 et 2007 est estimée à 1 077 350 ha, soit une moyenne annuelle de 215 470 ha (**FRA, 2010**).

Effectivement, de sévères attaques sont causées périodiquement par la chenille processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* qui se traduit souvent par des défoliations spectaculaires (Chakali et Hezil, 2018). Les larves des deux premiers stades dévorent les aiguilles à proximité des zones de pontes et engendrent des dégâts caractéristiques sous forme de bouquets d'aiguilles jaunes puis rouges. Les chenilles du troisième au cinquième stade consomment souvent la totalité des aiguilles (Sebti, 2015).



Figure 6 : Dégât de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) sur le pin d'Alep (Bouchou, 2015 ; Messaoudi, 2017).

- **Bombyx disparate** (*Lymantria dispar*)

Lymantria dispar est l'un des insectes les plus redoutables pour les subéraies algériennes. Le recensement des superficies infestées entre 1968 et 2013 a mis en évidence trois principaux pics de culmination en 1977, 1987 et 1996 qui ont conduit à la défoliation de 13 445, 28 157 et 20 793 ha de forêts, respectivement (Zamoum *et al*, 2014).



Figure 7 : Dégât de (*Bombyx disparate*) *Lymantria dispar* sur le Chêne-liège (NierhausWunderwald & Wermelinger, 2001).

En effet, la Spongieuse *Lymantria dispar* L. occasionne des dégâts considérables conduisant à la défoliation complète des arbres. Il peut donc affaiblir d'avantage les peuplements et faciliter l'installation des insectes xylophages et des champignons lignivore (**Khous, 1993 in Laala, 2016**). Plusieurs auteurs ont noté que les pullulations du ravageur sont plus fréquentes dans les forêts dégradées et éclaircies par le pâturage intensif et les activités humaines (**Fraival, 1989 ; Basri et al, 2005 in Villemant, 2010**).

- **Longicorne de l'eucalyptus (*Phoracantha semipunctata* Fabricius)**

En Algérie les dégâts les plus importants causés par les xylophages sur Eucalyptus sont ceux du *Phoracantha semipunctata*. (**F.A.O./P.N.U.D, 1986 in Laadel, 2014**), ainsi, en l'espace de dix années, depuis son apparition en 1968 à El-Kala, l'infestation a connu une expansion foudroyante dans toute l'Algérie du nord (**Khemici, 1987 in Laadel, 2014**).



Figure 8 : Dégât du Longicorne de l'eucalyptus (*Phoracantha semipunctata*) sur l'eucalyptus (**Fraival, 2006**).

- **Processionnaire du cèdre (*Thaumetopoea bonjeani*)**

La processionnaire du cèdre, *Thaumetopoea bonjeani* (**Powel**) (Lepidoptera: Notodontidae), est l'un des défoliateurs les plus dommageables des forêts de cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord (**Démolin, 1988; Mouna, 2013; Battisti et al, 2014; Rahim et al, 2016 ; El Mokhefi et al, 2021**). *Thaumetopoea bonjeani* est connue pour être monophage sur le cèdre de l'Atlas, qui est adapté aux hautes altitudes. Cette espèce a été incluse dans la faune de l'Algérie en 1986 (**Démolin, 1988**). L'impact négatif de la processionnaire du cèdre peut être considéré sous au moins deux aspects. La défoliation réduit la croissance du bois et peut également entraîner le dessèchement du bois (**Rahim, 2016**). Les infestations peuvent également être nuisibles pour les

humains, causant des lésions cutanées (c'est-à-dire urticaire ou dermatite), une conjonctivite et des symptômes respiratoires, voire un choc anaphylactique (**Battisti *et al*, 2017**).



Figure 9 : Dégât de *Thaumetopoea bonjeani* sur le cèdre (**Rahim, 2016**).

*La chenille processionnaire
du pin d'Alep (Thaumetopoea
pityocampa) (Denis & Schiff).
(1775)*

Chapitre

II

Chapitre II : La chenille processionnaire du pin d'Alep (*Thaumetopoea pityocampa*) (Denis & Schiff). (1775)

1. Généralités sur les chenilles processionnaires du pin

1.1. Historique

Thaumetopoea Pityocampa est un lépidoptère de la famille des Notontidea. L'insecte est un papillon nocturne à vie très brève, dont les larves sont appelées chenilles processionnaires du pin (Soltani *et al*, 1988). Le cycle de vie de l'espèce est annuel, il commence par la ponte et se termine par le stade adulte, en passant par cinq stades larvaires et la nymphose.

En latin, *pityocampa* signifie « chenille du pin » (campa = chenille, pityo= pin) et *Thaum* et *opoea* signifie « qui vénère la verdure » (thaumeto= vénérer, poea= herbe). La sous famille comprend un seul genre *Thaumetopoea*, représenté par 12 espèces de processionnaires répartie dans la région biogéographique paléarctique, et une dans la région afrotropicale (Agenjo, 1941 ; Kiriakoff, 1970 ; Schintlmeester, 2013).

1.2. Présentation biologique

Les chenilles processionnaires se situent essentiellement dans des peuplements de pin (*Thaumetopoea pityocampa*) et de chêne (*Thaumetopoea processionea*). Ce sont des larves de papillons de nuit. Le cycle de vie de l'espèce est annuel, il commence par la ponte et se termine par les adultes, en formant cinq stades larvaires et la nymphose. La processionnaire du pin, est le principal insecte ravageur des pins en Europe et sur le pourtour méditerranéen (Robinet *et al*, 2011).

Sa présence engendre des défoliations pouvant aller jusqu'à plus de 90% des aiguilles sur un seul arbre (Démolin, 1969). La consommation des aiguilles par les chenilles induit une diminution de la croissance de l'arbre, qui peut le rendre sensible aux attaques d'autres ravageurs (Lemoine, 1977 ; Graf et Mzibri, 1995 ; Markalas, 1998).



Figure 10 : Chenille processionnaire du pin (Sandra, 2019).

1.3. Identification

La chenille possède un corps caractéristique. La tête est brune ou noire. Le corps possède des flancs blancs avec de longs poils argentés. Chaque segment du corps possède sur sa face dorsale une plaque brunâtre. La chenille peut atteindre une taille de 5cm en fin de développement.



Figure 11 : Chenille processionnaire du pin (Sandra, 2019).

1.4. Principales espèces de chenilles processionnaires

- *Thaumetopoea processionea*, la processionnaire du chêne qui se localise en Europe et au Moyen Orient, sauf à l'extrême Nord.
- *Thaumetopoea pityocampa*, la processionnaire du pin, qui se localise en Europe, au Moyen Orient et en Afrique du Nord.
- *Thaumetopoea wilkinsoni* au Moyen Orient, vit sur *Pinus halepensis*, *Pinus pinea* et *Pinus canariensis*.
- *Thaumetopoea pinivora* attaque *Pinus sylvestris* surtout dans le Nord de l'Europe.
- *Thaumetopoea bonjeani*, la processionnaire du cèdre, qui est endémique au Nord de l'Algérie et au Maroc (Zahiri et al, 2013).

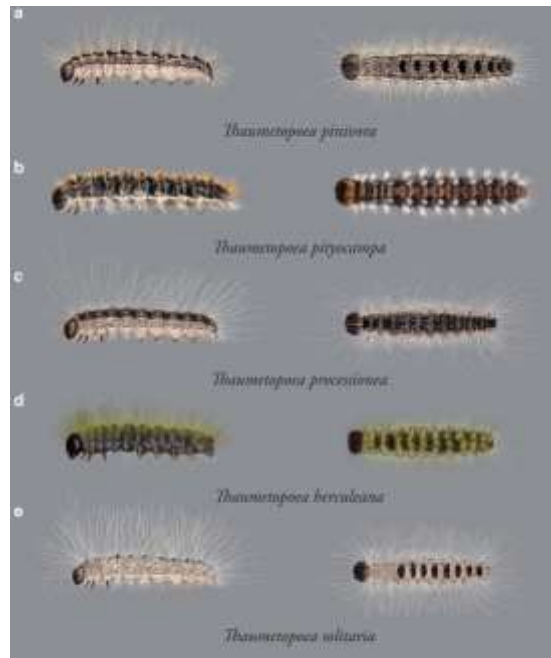


Figure 12 : Aspects morphologiques des différentes espèces du genre *Thaumetopoea* ; (a) *T. pinivora* ; (b) *T. pityocampa*; (c) *T. processionea*; (d) *T. herculeana*; (e) *T. solitaria*;
Photo de : CARLOS GOMEZ DE AIZPU'RA; (D) CREDIT: L. BERARDI (1986).

2. Systématique

La processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) appartient à l'ordre des lépidoptères. Ces insectes diurnes et nocturnes constituent l'unité systématique vaste, comprenant plus de 100 000 espèces (**Chinery, 1982**). La classification de la chenille processionnaire du pin est la suivante :

Règne : Animalia.

Embranchement : Arthropoda.

Classe : Insecta.

Super-ordre : Endopterygota.

Ordre : Lepidoptera.

Famille : Notodontidae.

Sous-famille : Thaumetopoeinae.

Genre : Thaumetopoea.

Nom binominal : *Thaumetopoea pityocampa* (**Denis et schiffermüller, 1775**).

3. Répartition géographique

3.1. Distribution géographique de *Thaumetopoea pityocampa*

La répartition géographique de la chenille processionnaire du pin dépend de plusieurs facteurs écologiques, tels que l'ensoleillement, la photopériode, la température, l'altitude et la latitude. Grâce à l'effet du réchauffement climatique, l'expansion de la chenille processionnaire du pin en Europe a remarquablement progressée en 2003, pour atteindre les alpes italiennes (**Battisti et al, 2005**).

Certaines zones géographiques sont plus favorables que d'autres au développement des chenilles processionnaires du pin. Les facteurs climatiques (gel, chaleur...), la présence des prédateurs et des parasites, ainsi que la quantité et la qualité des ressources alimentaires jouent un rôle important dans la distribution géographique de l'insecte (**Robinet et al, 2013**). La chenille processionnaire du pin peut s'adapter aux conditions climatiques défavorables dans certaines régions et peut même améliorer la phénologie de son cycle de vie afin de survivre (**Robinet et al, 2013**).

3.2. Répartition mondiale

A l'échelle mondiale (**Figure 13**), les chenilles processionnaires du pin sont présentes sur plusieurs continents : aux Etats-Unis, où elles ont tendance à pulluler, mais aussi en Europe, où elle est retrouvée plus particulièrement dans les pays méditerranéens (à l'exception de l'Egypte) : France, Grèce, Italie, Algérie, Albanie, Croatie, Liban, Maroc, Tunisie, Turquie, Espagne, Portugal, Chypre, Hongrie, au nord de la Bulgarie, en Autriche, en Suisse et en Yougoslavie (**Turpin, 2006**).

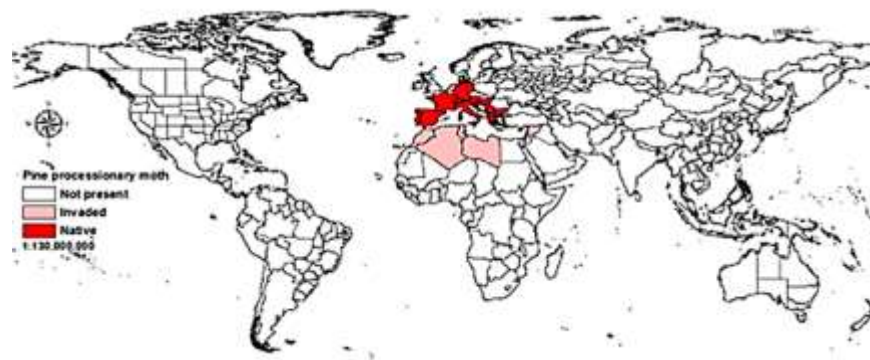


Figure 13 : Distribution géographique de *Thaumetopoea pityocampa* dans le monde (**Zamoum, 1986**).

3.3. En Algérie

Sa première découverte en Algérie est enregistrée dans la forêt de Bélezma dans la région de Batna. Après, son aire de répartition s'est remarquablement étendue sur des jeunes plantations dans tout le territoire national (**Demolin, 1988**). Des examens d'enquêtes et des suivis de l'insecte dans le territoire national montrent clairement que l'ampleur de l'infestation par la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff) présente un vrai danger pour l'environnement (**Zamoum et al, 2007**) (**Figure 14**). En Algérie, le barrage vert est sa limite sud. Ses pullulations sont temporaires avec des défoliations non négligeables dans les forêts naturelles, mais les plus sévères sont observées dans les reboisements (**Zamoum, 1998**).

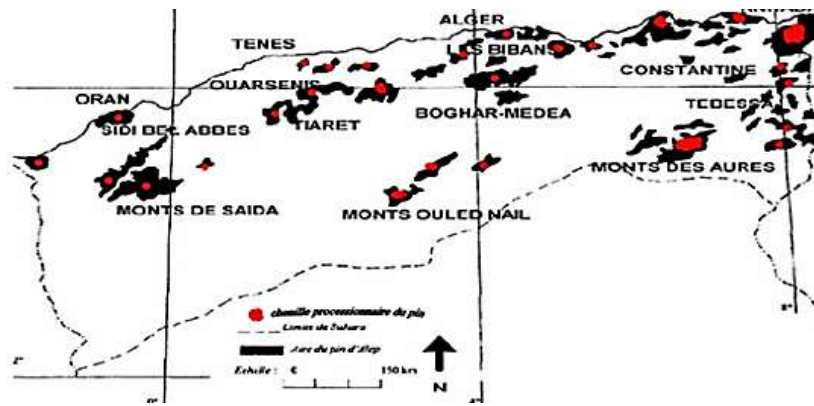


Figure 14 : Carte de la distribution de la chenille processionnaire du pin en Algérie (**Zamoum, 1986**)

4. Description des stades de développements

L'éclosion a lieu 30 à 45 jours après la ponte, au mois de septembre le plus souvent, lorsque la somme des températures moyennes journalières atteint entre 780 et 850°C (**Martin, 2005**). Le développement larvaire comporte cinq stades (notés L1 à L5), entre lesquels les chenilles muent et construisent des « pré-nids » composés d'un léger réseau de soie.

4.1. Ponte

La femelle chenille processionnaire du pin détecte son site de ponte et rassemble deux aiguilles à l'extrémité d'un rameau pour déposer ses œufs. La forme des œufs ressemble à un manchon de quelque centimètre de longueur. Les œufs sont recouverts d'écailles protectrices de couleur beige-clair, leur nombre varie entre 100 et 300 œufs sur un seul manchon (**Demolin, 1969**) (**Figure 15**).



Figure 15 : Ponte avec jeunes chenilles (Jean-Claude Martin, 2007).

4.2. Chenilles

La période d'éclosion va de fin juillet à la fin septembre, selon des conditions climatiques de température et de pression atmosphérique précises (Martin, 2007). Le développement de la chenille processionnaire dure entre quatre et huit mois, et s'effectue en cinq stades larvaires du L1 en L5, pendant lesquels les chenilles vont rester groupées (Martin et Bonnet, 2008) (Figure 16).

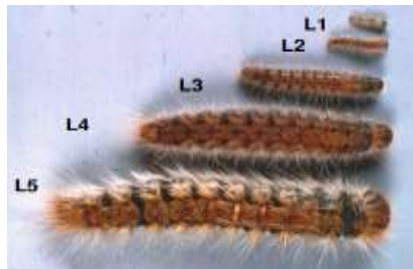


Figure 16 : Chenilles de la processionnaire du pin aux différents stades larvaires (Martin et Bonnet, 2008).

Les chenilles processionnaires du pin se développent tout au long des stades larvaires, leurs tailles augmentent et leurs couleurs changent d'un stade à l'autre (Rivière, 2011). Les cinq stades larvaires sont différenciables par la quantité de soies, la taille de la chenille (en longueur et diamètre), et le volume de sa capsule céphalique (Demolin, 1967).

Pendant le premier stade larvaire, les chenilles de couleur jaune mesurant environ trois millimètres et sont caractérisées par la présence d'une capsule céphalique noire et volumineuse. Au cours du deuxième stade larvaire, les chenilles deviennent rousses avec plus de soies latérales.

La taille de la chenille et son appareil urticant continue ensuite à se développer pendant les stades larvaires évolués jusqu'à atteindre environ 5 cm de longueur en dernier stade larvaire (Rivière, 2011).

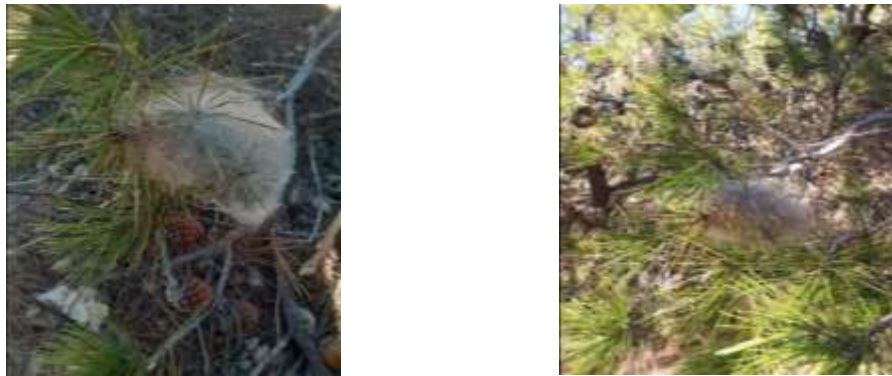


Figure 17 : Nid d'hiver de la chenille processionnaire du pin (**Originale, 2024**).

Dès l'émergence des chenilles en L1, les larves commencent à se nourrir sur les aiguilles du pin et tissent un support en soie qui constitue le nid d'hiver (**Figure 17**) qui accompagne les chenilles durant tout le stade larvaire (**Elie, 2009**). Le nid d'hiver est un abri protégeant les chenilles du froid et des rayons infrarouges émis par le soleil (**Martin et Bonnet, 2008**).

4.3. Chrysalide

À la fin de leur cycle, les chenilles quittent l'arbre en procession et cherchent un endroit chaud et meuble pour s'enfouir à quelques centimètres de profondeur de la surface du sol. Elles tissent un cocon qui se transforme en chrysalide et rentre en nymphose. Selon les régions et les conditions climatiques (**Denis et Schiffermüller, 1775**). Cette phase souterraine peut durer de quelques jours à plusieurs mois, en général entre avril et Août. Quand les conditions climatiques ou édaphiques sont défavorables, la nymphose peut être prolongée jusqu'à cinq ans (**Martin et Bonnet, 2008**) (**Figure 18**).



Figure 18 : Forme de chrysalide (**Martin et Bonnet, 2008**).

4.4. Emergence des adultes

L'émergence des adultes débute par la sortie des papillons des chrysalides dans la période qui s'étale de la mi-juin à la fin août suivant les régions et les conditions climatiques (**Sbajdi et**

al, 2015). Les papillons males se distinguent des femelles par leur petite taille (**Martin et Bonnet 2008**) (**Figure 19**).

Une fois accouplés, les mâles meurent et les femelles cherchent un rameau d'aiguilles de pin, pour la ponte. Les œufs sont déposés sur un manchon d'écaillés, et leur nombre varie entre 100 et 400 œufs par ponte (**Cochard et al**, 2014).



Figure 19 : Papillon de *Thaumetopoea pityocampa* (**Démolin, 1969**).

4.5. Procession

Une fois que les chenilles terminent leurs développements larvaires, et que les conditions climatiques sont favorables, elles quittent leurs nids d'hiver formant une procession et vont s'enfouir dans le sol (**Figure 20**). Le phénomène de la procession est la manifestation la plus spectaculaire du caractère social de la chenille processionnaire. La procession a à sa tête, une unique chenille servant de guide, cherche l'endroit le plus éclairé et le plus chaud. La longueur des processions peut atteindre parfois 12 mètres (**Demolin, 1969**).



Figure 20 : Procession de chenilles processionnaires du pin (a), Enfouissement des chenilles (b) (**Belaissoui et al**, 2017).

4.6. Enfouissement

Sbabdji (1997) indique que la descente des processions commence de la fin janvier au mois de juin. D'après **Huchon et Demolin (1970)** : A une température inférieure à 10° C, les chenilles se regroupent à la surface du sol, s'enfouissent et s'enterrent plus profondément dans le sol (**Figure 21**). Quand le climat est particulièrement chaud, les chenilles peuvent rentrer en nymphose dans les clairières et même en sous-bois (**Huchon et Demolin, 1970**).



Figure 21 : Enfouissement des chenilles processionnaire du pin en forêt (**Benoît, 2007**).

5. Comportement biologique

La processionnaire du pin est une espèce univoltine, dont le cycle peut s'étaler, selon les conditions écologiques du milieu, sur plusieurs années. Le développement de la processionnaire du pin dépend fortement des conditions climatiques du milieu notamment la température et l'ensoleillement. De même, de fortes variations sont notées dans son cycle selon la latitude et l'altitude des sites.

Le cycle s'effectue en deux phases à deux strates différentes de l'écosystème : 1) une phase aérienne (ponte et évolution larvaire en cinq stades) et 2) une phase souterraine (pré-nymphose et nymphose) (**Martin et al, 2007**). Les différentes écophases sont synthétisées et illustrées par la **figure 22**.



Figure 22 : Chronologie des écophases de développement de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* (Martin *et al*, 2007).

6. Dégâts causés par la chenille processionnaire

6.1. Dégâts sur la plante hôte

Les chenilles processionnaires du pin provoquent des dégâts forestiers notables et sont considérées comme nuisibles pour les végétaux depuis un arrêté ministériel du 31 juillet 2000. L'insecte est en effet l'un des principaux défoliateurs des peuplements résineux de la zone méditerranéenne (Huchon et Demolin, 1970).

En forêt, surtout celles issues des reboisements les jeunes peuplements de pins sont les plus touchés par les chenilles. Hors forêts, ce sont les alignements de pins de bord de route et les arbres isolés qui subissent les plus grosses défoliations. Dans les peuplements fermés, elle colonise essentiellement les lisières.

Tout ceci explique que les dégâts visibles sont souvent plus impressionnants que les dégâts réels. Dans les boisements morcelés ou les jeunes peuplements encore ouverts, la processionnaire trouve un milieu qui lui convient et se maintient plus aisément sur une grande partie du peuplement. Une défoliation même totale ne provoque pas la mortalité des arbres atteints (Fredon, 2014). Elle entraîne, juste, une perte de production. Les arbres récupèrent en quelques années, ils sont parfaitement capables de supporter cette attaque (Micas, 2016).



Figure 23 : Dégâts occasionnés par la processionnaire sur le pin d'Alep (Originale, 2024).

En Algérie, les défoliations de la processionnaire du pin concernent toutes les pinèdes, il se trouve que cet insecte provoque des dégâts souvent significatifs dans les forêts naturelles et très Conséquents dans les plantations reboisées en zones semi-arides (Zamoum, 1998 Bouchuo, 2015).



Figure 24 : Chenilles processionnaires du pin d'Alep (Originale, 2024).

6.2. Dégâts sur l'homme et les animaux

Les chenilles processionnaires du pin ont un impact sanitaire, lié aux poils urticants qui surviennent lorsque ces poils commencent à apparaître, dès le troisième stade larvaire. Les poils urticants sont libérés dans l'air dès que la chenille est en danger. Les poils sont très présents dans les nids d'hiver, même après plusieurs années. (Battisti *et al*, 2011). De même que l'homme (Figure 25).

Les animaux domestiques peuvent avoir des allergies (démangeaisons, problèmes respiratoires, ophtalmologiques). Les chiens et les chevaux restent les animaux les plus exposés aux risques de la processionnaire du pin (**Bouchou, 2015**).

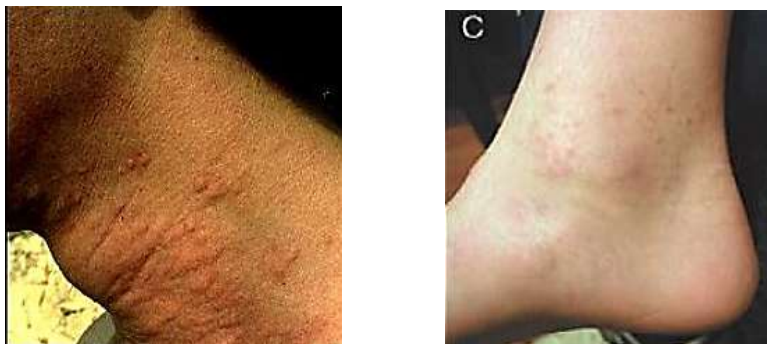


Figure 25 : Troubles cutanés après contact les chenilles processionnaires (**Vega et al, 2011**).

6.3. Symptômes liés aux chenilles processionnaires

Les symptômes observés lors de contact par les poils urticants, sont développés dans la plupart des cas lors d'un premier contact (**Grojean, 2006**).

❖ Contact avec la peau

Au cours des premières heures après le contact on observe l'apparition d'une éruption douloureuse avec de sévères démangeaisons et de plaques rouges avec des démangeaisons sévères ou des sensations de brûlure (**Vega et al, 2004**). La réaction se fait sur les parties découvertes de la peau et entre autres les poignets, les avant-bras, les mains, le visage et le cou (**Gottschling, 2007**).

❖ Contact avec les yeux

Après contact oculaire des poils urticants, on observe après 1 à 4 heures, le développement d'une conjonctivite (**Charmot, 1987**) (yeux rouges, douloureux et larmoyants). Quand un poil urticant s'enfonce profondément dans les tissus oculaires, apparaissent des réactions inflammatoires sévères et provoquent des troubles et lésions oculaires (**Sengupta et al, 2011**).

❖ Cas de contact par inhalation

Les poils urticants irritent les voies respiratoires. Cette irritation se manifeste par des étternuements, des maux de gorge, des difficultés à déglutir et éventuellement des difficultés respiratoires dues à un bronchospasme (rétrécissement des bronches comme dans l'asthme) (Werno *et al.*, 2002).

❖ Contact par ingestion

Il se produit une inflammation des muqueuses de la bouche et des intestins qui s'accompagne des symptômes tels que de l'hyper salivation, des vomissements et des douleurs abdominales (Inal *et al.*, 2006).

6.4. Conséquences environnementales et dégâts forestiers

La chenille processionnaire du pin est l'un des principaux déflorateurs des peuplements résineux de la zone méditerranéenne (Huchon et Demolin, 1970). Les conséquences environnementales sont à la fois d'ordre esthétique (défoliations, présence de nids d'hiver...) et d'ordre économique (perte de croissance des arbres dans les plantations et forêts de production, parcs et jardins publics devenus inhospitaliers, notamment en raison des dégâts esthétiques et des risques d'urtication). Dans les forêts, la présence des chenilles aurait même provoqué la migration du gibier, fuyant les zones souillées par ces insectes (Scheiner, 2003).

En Algérie, depuis l'indépendance, l'accroissement des reboisements en pin d'Alep, *Pinus halepensis* L., a entraîné une prolifération de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff., mettant en danger les jeunes reboisements (Gachi, 1996).

6.5. Conséquences écologiques

Dès l'éclosion, à l'automne, les chenilles commencent à se nourrir des aiguilles de l'arbre hôte, puis les défoliations s'intensifient au cours de l'hiver. Les chenilles s'alimentent dans un premier temps des aiguilles à proximité de la ponte, puis s'éloignent progressivement au cours de leur développement larvaire. Les préjudices écologiques dépendent donc du stade d'évolution des chenilles (Turpin, 2006).

Les conséquences directes de la défoliation sont l'affaiblissement par diminution du pouvoir de photosynthèse et la perte de croissance des arbres tant en circonférence qu'en

hauteur (Arnaldo *et al*, 2010). Une défoliation même totale ne provoque pas la mortalité des arbres atteints. Les chenilles ont donc une action néfaste sur la production et l'accroissement des arbres, mais pas directement sur la mortalité des pins (Lilian, 2016). Les mortalités d'arbres consécutives aux défoliations des chenilles processionnaires sont donc très rares et n'interviennent que si d'autres facteurs affaiblissent les pins (Rousselet, 2008) avec un effet indirect, si les populations sont importantes, occasionnant une défoliation massive les arbres deviennent toutefois plus vulnérables aux ravageurs secondaires comme les scolytes ou le pissode (Markalas, 1998) et aux stress thermiques et hydriques (Martin, 2005).

6.6. Conséquences économiques

Les conséquences économiques sont principalement liées aux pertes de croissance en forêt de production, dues aux défoliations massives par les chenilles processionnaires du pin qui peuvent se répercuter sur plusieurs années. Ainsi, d'après Morel (Morel, 2008), une année de forte Pullulation entrainera une perte économique d'une année complète de production de bois, étalée sur les 3 années suivant l'attaque.

7. Moyens de lutte

La lutte contre la chenille processionnaire du pin a pour principal objectif de maintenir les populations à des niveaux tolérables, afin de protéger la santé humaine et animale ainsi que les peuplements forestiers (Martin et Jambois, 2016). Il existe plusieurs types de mesures de lutte contre ce ravageur (Figure 26).



Figure 26 : Calendrier de lutte contre la chenille processionnaire (Martin, 2009).

❖ Lutte mécanique

C'est une méthode qui se réalise sur terrain, et qui consiste à enlever et détruire manuellement les nids de la chenille processionnaire du pin dès leur apparition (**Martin et Brinquin, 2017**). Cette méthode est réalisée sur les jeunes plantations du pin, et sur les petites surfaces dans les parcs et les jardins (**Martin et Bonnet, 2008**).

Les nids enlevés doivent être détruits par incinération, afin d'éviter la dispersion des poils urticants et d'être contaminé (**Rivière, 2011**).

Tableau 1 : Les avantages et les inconvénients de lutte mécanique (**Martin et Brinquin, 2017**).

Avantages	Inconvénients
-Faible cout écologique. -Facile à mettre en œuvre lorsque les arbres sont de faible hauteur.	- Utilisation facile seulement sur les arbres accessibles aisément (moins de 3 m de hauteur). - Utiliser les techniques d'élagage ou des nacelles si les arbres se trouvent à des hauteurs inaccessibles, ce qui génère des couts supplémentaires et nécessite de faire appel à des personne qualifié l'élagage.

❖ Lutte biologique

Après une longue utilisation des pesticides chimiques dans la lutte contre les insectes ravageurs, représentée généralement par des régulateurs de croissance, des inhibiteurs de mue et des perturbateurs du développement larvaire des insectes, comme le « Diflubenzuron » « la Bifenthrine » la « Deltaméthrine » (**Rivière, 2011**), et à cause des effets néfastes de ces molécules sur la nature, les entomologistes ont commencé ces dernières années à s'intéresser à l'utilisation de nouvelle molécules biologiques protectrices de l'environnement et fiables dans les processus toxicologiques contre ces ravageurs. Le *Bacillus thuringiensis* kurstaki (BtK) est l'insecticide biologique le plus utilisé contre les chenilles processionnaires du pin. Le traitement aérien se réalise dès les premiers stades larvaires de l'insecte (**Martin et Bonnet, 2008**). Cette méthode à l'avantage d'être spécifique aux lépidoptères, et de respecter la nature et préserver la santé des êtres vivants (**Martin et Brinquin, 2017**).



Figure 27 : Traitement aérien de chenille processionnaire (Martin et Brinquin, 2017).

❖ Lutte toxicologique

Les traitements toxicologiques à base de *BacillusThuringiensis* (Btk) sont les plus employés contre les chenilles processionnaires. L'application du produit se fait au cours des premiers stades larvaires (Martin, 2005). Ces substances sont vaporisées sur les arbres par voie aérienne ou terrestre en période hivernale, se fixent sur les feuilles et sont ingérées par les larves. Ovicides de contact et larvicides d'ingestion, elles entraînent un blocage de la mue en perturbant la formation de chitine dans la cuticule lors de cette phase de développement (Martin, 2005). L'utilisation des molécules biologiques permet de préserver d'autres insectes moins dangereux que la chenille processionnaire (Demolin et Millet, 1983).

❖ Lutte microbiologique

Consiste à appliquer sur les feuilles âgées des arbres infestés par la processionnaire du chêne une préparation microbiologique contenant la bactérie *Bacillus thuringiensis kurstaki* (Btk). L'emploi de ce bio insecticide s'effectue principalement durant le mois de mai, lors que les chenilles se trouvent en stades L1 à L4. La pulvérisation se fait à partir du sol. Bien que très efficace, cette technique possède toute fois plusieurs inconvénients. Ainsi, son application requiert des conditions climatiques optimales (vent < 18 km/h, légère humidité relative, pas de pluie...). De plus, le Btk a une courte période de résistance (entre 8 à 10 jours), et doit être éventuellement appliqué une seconde fois durant la saison. Enfin, ce produit touche toutes les larves de Lépidoptères et peut donc impacter d'autres chenilles non cibles (Brinquin et Martin, 2017).

Tableau 2 : Les avantages et les inconvénients de lutte microbiologique (Brinquin et Martin, 2017)

Avantages	Inconvénients
- Efficacité sur stades L1 et L4. - courte période de persistance du produit 8 à 10 jours.	-Réglementation stricte. -Besoin de bonnes conditions climatiques.

❖ Gestion paysagère et sylvicole

Cette méthode consiste à améliorer la biodiversité des peuplements et de suivre et contrôler l'infestation par la chenille processionnaire dans la nature ainsi qu'introduire de nouvelles espèces végétales pouvant réduire l'attaque de l'insecte. (Martin et Brinquin, 2017). Il est connu que l'implantation de quelques espèces végétales autour des arbres de pin, peut réduire la colonisation par la chenille processionnaire (Martin et Bonnet, 2008).

Tableau 3 : Les avantages et les inconvénients de lutte sylvicole et la gestion des paysages (Brinquin et Martin, 2017)

Avantages	Inconvénients
- Préservation ou restauration de la biodiversité	-Action sur le long terme

❖ Lutte par phéromones sexuelles

La phéromone sexuelle est une substance émise par la femelle lors de la saison d'accouplement, et le piégeage consiste dans ce cas à placer une surface sensible contenant une phéromone de synthèse dans un espace naturel, afin de capturer un maximum de papillons mâles (Martin et Bonnet, 2008) (Figure 28). La méthode de piégeage a l'avantage d'être également spécifique à la chenille processionnaire du pin, et d'être utilisée au stade adulte (Rivière, 2011). Ensuite une destruction des papillons capturés dans les pièges placés, est nécessaire à la fin avantages de chaque procédure (Martin et Brinquin, 2017).



Figure 28 : Piège à phéromone (Originale, 2024).

❖ **Piégeage des chenilles par éco-pièges**

Ce type de piège exploite une séquence comportementale de la chenille processionnaire du pin : la procession de nymphose. A la fin de leur évolution larvaire, les chenilles descendent en file indienne le long du tronc de l'arbre pour s'enfouir dans le sol. Dans tous les cas, les pièges doivent être installés avant les premières processions (Figure 29). L'éco-piège ne permet pas de limiter les dégâts aux arbres à court terme, mais il protège les êtres humains et animaux dans la mesure où il leur évite d'entrer en contact avec les chenilles au moment où elles sont à la fois plus accessibles (sur le tronc ou au sol) et le plus urticantes (dernier stade larvaire) (Martin, 2006).



Figure 29 : Piégeage des chenilles par éco-pièges (Martin, 2006).

❖ Lutte par les ennemis naturels

Malgré son efficacité, c'est la méthode la moins utilisée dans la nature. A cause de son comportement défensif, peu d'espèces peuvent résister au caractère urticant de la chenille processionnaire, à quelque exception, comme celle de la mésange bleue, qui est un oiseau prédateur des chenilles de la processionnaire, non influencés par ces poils urticants (**Martin et Bonnet, 2008**). L'implantation des nidoirs des mésanges dans les milieux infestés par la chenille au début des stades larvaires peut réduire sa présence d'une façon très efficace (**Martin et Brinquin, 2017**).



Figure 30 : Nid d'hiver ouvert en absence des chenilles processionnaires du pin (**Martin et Brinquin, 2017**).

*Le pin d'Alep (Pinus
halepensis Mill.).*

Chapitre

III

Chapitre III : Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.).

Plantes hôtes

La chenille processionnaire du pin est phytophage : elle se nourrit des aiguilles de pins. Il est possible d'établir une classification des arbres hôtes, selon les préférences de la chenille processionnaire (**Martin, 2005**) :

Pin noir d'Autriche (*Pinus nigra* subsp. *Nigricans* Host).

Pin Laricio de Corse (*Pinus nigra* subsp. *Laricio* Poiret).

Pin Laricio Sulzmann (*Pinus nigra* subsp. *Clusiana* Clem.).

Pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.).

Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.).

Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.).

Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Carr.).

Cèdre du Liban (*Cedrus libani* Rich.).

Douglas (*Pseudotsu gamenziesii* Mirb.).

Sapin (*Abies concolor* Lindl.).

2. Généralité sur le pin d'Alep

Le pin d'Alep est un arbre forestier résineux qui peut atteindre les 30 mètres de hauteur souvent penché et peu droit, à cime claire, écrasée et irrégulière (**Beker et al, 1982**). C'est un arbre toujours vert (**Rameau et al, 2008**).



Figure 31 : Arbre de pin d'Alep (**Originale, 2024**).

3. Systématique

Selon (Nahal, 1962) le Pin d'Alep est l'essence caractéristique de l'étage bioclimatique méditerranéen semi- aride, il appartient à :

Embranchement : Phanérogames.

Sous embranchement : Gymnospermes.

Classe : Conifères.

Ordre : Coniféroles pinoidines.

Sous ordre : Abiétales.

Famille : Pinacées.

Genre : Pinus.

Sous genre : *Eupinus*.

Espèce : *Pinus halepensis*.

Nom scientifique : *Pinus halepensis*.

Nom commun : Pin d'Alep

Nom arabe : Sanaoubar al-halabi.

3. Répartition géographique du pin d'Alep

3.1. Dans le monde

Le pin d'Alep est l'essence la plus largement utilisée dans les reboisements pour la protection des sols. C'est une essence qui résiste à la sécheresse et peu tolérante aux autres facteurs à savoir les sols peu fertiles, climat aride, etc. (Simon et Navarrete, 1990). Il colonise pratiquement la plupart des zones subhumides et semi-arides, il est cependant largement utilisé dans les stations les plus diverses, la surface qui lui est consacrée en Algérie dans les reboisements dépasse 850.000 hectares, soit environ de 40000000 de plants mis en terre (Kadik, 1987). L'aire de répartition du pin d'Alep est limitée au bassin méditerranéen (Figure 32) et occupe plus de 3,5 millions d'hectares (Quezel, 1980 et 1986).

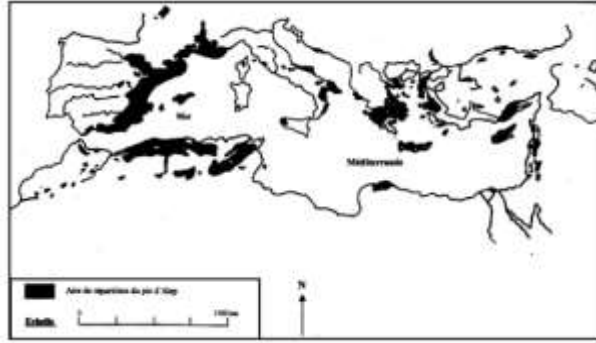


Figure 32 : Aire de répartition du pin d'Alep dans le monde (*Pinus halepensis*) (Quezel, 1986).

Cette espèce est surtout cantonnée dans les pays du Maghreb et en Espagne où elle trouve son optimum de croissance et de développement (Parde, 1957 ; Quezel *et al*, 1992). Au Maroc, le pin d'Alep est peu fréquent à l'état spontané, il occupe une superficie de 65.000 hectares répartis en peuplements disloqués occupant la façade littorale méditerranéenne au niveau du Rif, du moyen et du Haut Atlas (Quezel, 1986). En Tunisie, les forêts naturelles de pin d'Alep couvrent 170.000 hectares, occupant ainsi tous les étages bioclimatiques depuis la mer jusqu'à l'étage méditerranéen semi- aride (Souleres, 1969 ; Chakroun, 1986). Cependant, (Ammari *et al* 2001) avance le chiffre de 370.000 hectares, soit environ 56% de la couverture forestière du pays. En France, le pin d'Alep est beaucoup plus fréquent en Provence, prolongeant dans le Nord la vallée du Rhône. (Couhert et Duplat 1993) avancent le chiffre de 202.000 hectares. En Italie, le pin d'Alep est peu présent. Il ne représente que 20.000 hectares cantonnés essentiellement dans le sud, en Sicile et en Sardaigne. Par contre, en Grèce, les peuplements de pin d'Alep représentent une superficie importante de 330.000 hectares. Il existe aussi à l'état spontané mais d'une façon très restreinte en Turquie, en Albanie et en Yougoslavie et très peu au proche orient, Palestine, Jordanie, Syrie et le Liban (Seigue, 1985).

Tableau 4 : Répartition du pin d'Alep dans quelques pays du monde. (Cherak ,2010)

Pays	Superficies (ha)	Sources
Algérie	800 000	(Mezali , 2003)
Maroc	65 000	(Bakhiyi ,2000 <i>in</i> Bentouati, 2006)
Tunisie	170 000 à 370 000	(Chakroun ,1986)
France	202 000	(Couhert et Duplat ,1993)
Espagne	1 046 978	(Montero,2000 ; <i>in</i> Bentouati, 2006)
Italie	20 000	(Seigue ,1985)

3.2. En Algérie

Le pin d'Alep est présent dans toutes les variantes bioclimatiques avec une prédominance dans l'étage semi-aride. Sa plasticité et sa rusticité lui ont conféré un tempérament d'essence possédant un grand pouvoir d'expansion formant ainsi de vastes massifs forestiers. Le pin d'Alep avec ses 35% de couverture reste bien l'espèce qui occupe la première place de la surface boisée de l'Algérie. **(Boudy, 1952)**, rapporte que le pin d'Alep occupe une surface de 852.000 hectares. **(Mezali, 2003)** dans un rapport sur le Forum des Nations Unis sur les Forêts (FNUF) avance un chiffre de 800.000 hectares, alors que **(Seigue, 1985)**, donne une surface de 855.000 hectares. Il est présent partout, d'Est en Ouest allant du niveau de la mer aux grands massifs montagneux du Tell littoral et de L'Atlas Saharien.

Son optimum de croissance et de développement se situe au niveau des versants Nord de l'Atlas saharien où il constitue des forêts importantes et l'on peut citer à l'Est, les grands massifs de Tébessa avec leurs 90.000 hectares, celui des Aurès à plus de 100.000 hectares constitués principalement par les pinèdes des Béni-Imloul (72.000 ha), des Ouled Yagoub et celle des Béni - Oudjana. Selon **(Kadik, 1987)**. Ce sont les plus beaux peuplements du pin d'Alep en Algérie qui sont situés entre 1000 et 1400 m d'altitude. Au centre du pays, nous pouvons signaler les forêts de Médéa- Boghar et Theniet El Had qui totalisent respectivement 52.000 et 47.000 hectares et les vieilles futaies des Monts des Ouled Nail dans la région de Djelfa. A l'ouest du pays, en Oranie, nous pouvons trouver de vastes massifs concentrés dans les régions de Bel Abbés, de Saida et de l'Ouarsenis.

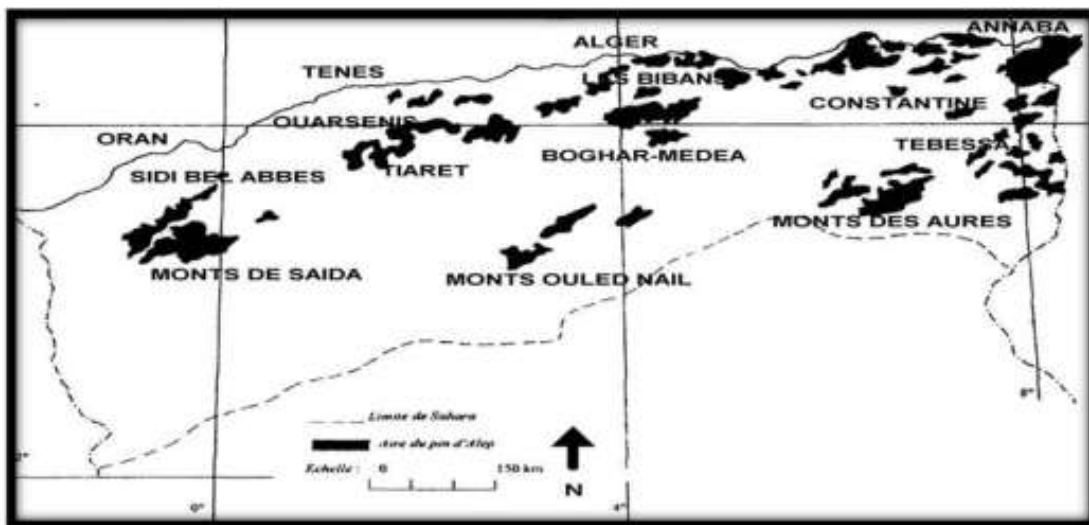


Figure 33 : Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (**Bentouati, 2006**).

4. Caractéristiques botaniques

Les principales caractéristiques du pin d'Alep sont :

L'écorce : Riche en tannin, est d'abord lisse de couleur argentée (2), puis devient crevassée avec des écailles de couleur gris-brunâtre (**Kadik, 1987**).



Figure 34 : Ecorce du *Pinus halepensis* (Originale, 2024).

Les Rameaux : Verts clair, puis gris clair, assez fins (**figure 35**). Il est polycyclique car cet arbre fait souvent une seconde pousse la même année. Les bourgeons sont non résineux, ovoïdes, aigus, bruns avec des écailles libres frangées de blanc (**Kadik, 1987**).



Figure 35 : Les rameaux du *Pinus halepensis* (Originale, 2024).

Les feuilles ou les aiguilles : Qui sont de 6 à 10 cm de long avec une largeur de 1 mm, sont fines, molles, lisses et aigus, groupées par 2 en pinceaux à l'extrémité des rameaux (**Nahal, 1962**).



Figure 36 : Feuilles du *Pinus halepensis* (Originale, 2024).

Les cônes : Gros avec une taille de 6 à 12 cm avec un pédoncule épais de 1 à 2 cm, souvent isolés et réfléchis. Ils sont pourpres puis brun lustré avec des écussons aplatis, persistant plusieurs années sur l'arbre. Les graines sont de petite taille de 05 à 07 mm à aile longue, brun gris sur une face et gris moucheté de noir sur l'autre (Kadik, 1987).



Figure 37 : Cônes du *Pinus halepensis* (Originale, 2024).

Le bois : Utilisé en caisserie, pour la fabrication de pâte à papier et de poteaux, si sa forme le permet. C'est un bois parfait pour la construction de pilotis ou de bateaux (Venet, 1986).



Figure 38 : Le bois mort du *Pinus halepensis* (Talbi, 2019).

Les graines : L'arbre de pin d'Alep produit également une graine comestible, appelée « Zgougou », Destinée à la confection d'une crème largement utilisée en Tunisie (**Dahman, 1986**).



Figure 39 : Les graines du *Pinus halepensis* (**Talbi, 2019**).

La résine : L'arbre de pin d'Alep peu produire également de la résine grâce à une opération appelée gemmage. Cette opération consiste à « blesser » le tronc de l'arbre de pin d'Alep pour que ce dernier envoie de la résine afin de cicatriser cette blessure (**Venet, 1986**).

5. Exigences climatique, édaphique et écologiques

5.1. Altitude

Le pin d'Alep se développe essentiellement aux étages thermo et méso-méditerranéens c'est-à-dire entre 0 et 300-600 m en France et entre 0 et 1200-1400 m au Maroc et en Algérie (**Quezel, 1980 ; Quezel et Medail, 2003**).

Selon **Kadik (2011)**, les essences forestières telles que le cèdre, le chêne vert, chêne liège et le pin d'Alep, ont tendance à occuper plusieurs étages altitudinaux de la végétation qui sont des ensembles climatiques :

- Etage infra-méditerranéen ;
- Etage thermo- méditerranéen ou méditerranéen inférieur ;
- Etage eu- méditerranéen ou méso- méditerranéen ;
- Etage supra-méditerranéen ou méso-méditerranéen ;
- Etage montagnard méditerranéen ;
- Etage oro- méditerranéen.

5.2. Exigences climatiques

a. Température

La température est l'un des facteurs climatiques majeurs limitant l'expansion du pin d'Alep. Il se développe à des températures moyennes annuelles de 11 à 19°C mais peut supporter des températures de -15 à -18°C (Nahal, 1962 ; Bedel, 1986).

b. Précipitations

La pluviométrie ne semble pas être un facteur déterminant de la répartition de l'espèce, même si c'est entre 350 et 700 mm de précipitation annuelle que son développement est optimal (Nahal, 1962 ; Quezel *et al*, 1987).

5.3. Exigences édaphiques

Le pin d'Alep peut végéter sur des substrats extrêmement variés, mais il est possible de mettre en évidence certaines préférences (Quezel, 1986). Il pousse essentiellement sur les substrats marneux et calcaro-marneux parce qu'ils sont des sols profonds et accessibles à son système racinaire (Braun-Blanquet, 1936). Mais il existe aussi sur les calcaires compacts fissurés et les substrats non calcaires comme les schistes et les micaschistes comme le cas dans le littoral Algérois (Quezel, 1986). En revanche il ne tolère pas les substrats sablonneux et limoneux (Quezel, 1986 ; Quezel et Medail, 2003).

Ses meilleurs peuplements sont situés sur des sols à réaction basique $7,5 < \text{pH} < 8,5$ mais on peut rencontrer des formations sur les sols acides, surtout en position sub-littoral (Molinier, 1954).

Etude de cas

Chapitre

IV

Chapitre IV : Etude de cas

Notre étude a pour objectif de fournir des informations essentielles afin d'améliorer la compréhension et l'analyse l'impact de la chenille processionnaire sur nos écosystèmes forestiers. Nous visons également à connaître les méthodes de contrôle et de gestion les plus efficaces pour atténuer ses effets néfastes. Dans ce sens, la forêt de bordj Bou Arreridj est notre exemple d'étude. Ainsi, nous avons établi plusieurs objectifs. Nous cherchons à :

- Évaluer l'infestation de la chenille processionnaire dans les forêts de bordj Bou Arreridj.
- Analyser les données recueillies des taux d'infestation total (par la chenille processionnaire du pin) et sa relation avec quelques facteurs (température, précipitation, incendie, traitements,

1. Présentation de la wilaya de bordj Bou Arreridj

La wilaya est située Nord-Est du pays sur les Haut-Plateaux (ANIREF, 2011). Elle est issue du découpage administratif de 1984, divisée en 10 daïras, 34 communes, et elle occupe une superficie estimée à 3920 ,42 km², soit 1/600 de la superficie totale de pays, elle est limitée par les wilayas suivantes :

- Au Nord la wilaya de Bejaia.
- Au Sud la wilaya de Msila.
- A l'Est la wilaya de Sétif.
- A l'Ouest la wilaya de Bouira.

2. Localisation géographique des forêts de la wilaya

La couverture forestière occupant une superficie importante de 80 799 ha, soit environ 21% de la superficie de la wilaya (Conservation des forêts de bordj Bou Arreridj, 2023). Le climat fait partie de l'étage bioclimatique semi-aride. La moyenne annuelle de la gamme d'amplitude thermique est de 21,3 °C. La moyenne de précipitation est < 400 mm/an. Les essences principales qui composent le fond forestier sont le Pin d'Alep et le Chêne vert.



Figure 40 : Localisation géographique des forêts de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (Conservation des forêts de Bordj Bou Arreridj, 2023).

3. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude

3.1. Climat

Selon (Ghennai, 2012 *in* : Nedjraoui, 2001) l'Est-algérien est la région la plus variée du pays sur le plan climatique. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 5 à 6 mois au niveau des hautes plaines (Farah, 2014).

La région se caractérise par un climat de type continental avec un étage bioclimatique semi-aride marqué par un été chaud et un hiver plus ou moins rigoureux (Bouragba, 2015). La pluviométrie annuelle est de 300 à 700 mm (ANDI, 2013).

3.2. Température

La température est un élément écologique fondamental en tant que facteur climatique vital et déterminant dans la vie des végétaux et des animaux (Ricklefs *et al*, 2014).

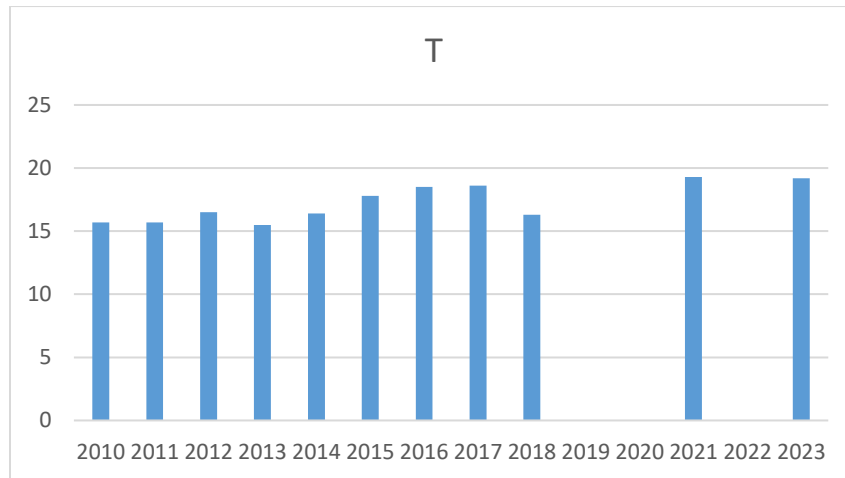


Figure 41 : Histogramme des températures annuel à bordj Bou Arreridj (2010-2023) (tutiempo.net).

Le graphique (**figure 41**) présente les températures moyennes annuelles à Bordj Bou Arreridj pour la période de 2010 à 2023. Les températures à Bordj Bou Arreridj montrent une tendance à la stabilité avec quelques fluctuations. Les températures semblent assez stables entre 2010 et 2018. En 2021 et 2023, les températures remontent à des valeurs proches de celles observées entre 2016 et 2017.

3.3. Précipitation

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale pour la répartition des écosystèmes terrestres (**Boulal, 2018**).

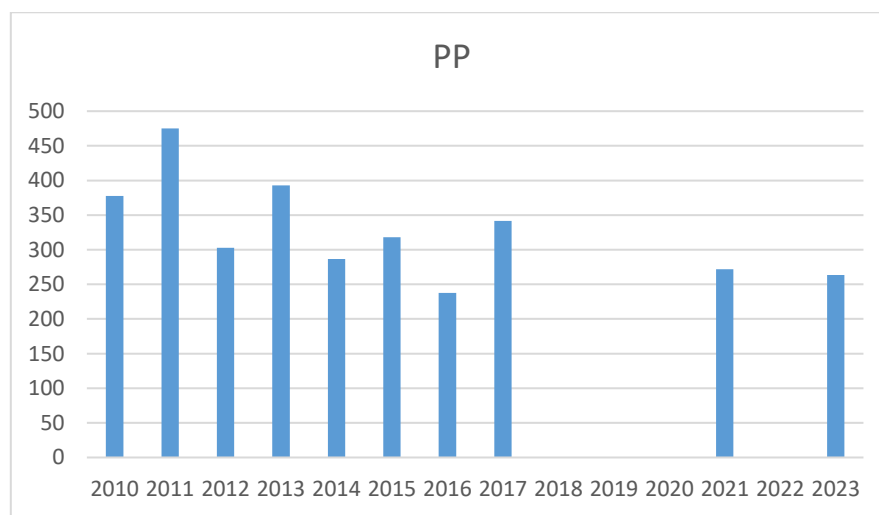


Figure 42 : Histogramme des précipitations annuel à bordj Bou Arreridj (2010-2023) (tutiempo.net).

Le graphique (**figure 42**) montre des variations significatives des précipitations annuelles à Bordj Bou Arreridj entre 2010 et 2023. Avec des années de précipitations extrêmement élevées et d'autres avec des précipitations très faibles. On observe que l'année 2011 a enregistré le niveau le plus élevé alors que l'année 2016 présente le niveau le plus bas.

4. Méthodologie de travail

Dans le but de mettre en évidence les menaces de la chenille processionnaire pesant sur nos forêts, sujet de ce travail, il était donc nécessaire d'opter par une combinaison de méthodes :

- Collecte de données auprès des services forestiers (Conservation des forêts BBA).
- Réalisation de sortie sur le terrain.
- Analyse des archives de l'administration des forêts.

4.1. Collecte des données

La recherche bibliographique, se basant sur différents documents, tel que, des articles de revue scientifiques, ouvrages, thèses, mémoires de fin d'études, sites web, nous a permis de :

- Approfondir les bases du sujet étudié.
- Plus d'informations sur le milieu étudié.
- Les documents administratifs (cartes, données historiques) recueillis dans différentes administrations, nous ont permis de faire souligner les différentes difficultés auxquelles doit faire face la forêt algérienne et plus précisément celle de BBA.

4.2. Réalisation de sortie sur le terrain

- Sélection de diverses zones de pin d'Alep à des stades de croissance différentes.
- Utilisation du GPS pour marquer précisément les sites d'observation (Exemple Forêt de Boumergued : N 36°03'37.3'', E004°48'19.6'', avec une altitude de 41 m.)
- Inspection visuelle des arbres pour identifier les signes de défoliation.
- Prises de photos des symptômes de défoliation, des nids, et des chenilles, pièges à phéromones, pièges delta, etc.

4.3. Analyse des archives de l'administration des forêts

4.3.1. Bilan des infestations de la chenille processionnaire du pin dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj

Le bilan de la conservation des forêts sur les infestations de la chenille processionnaire du pin sur l'ensemble du territoire de la wilaya de Bordj Bou Arreridj sont représentées dans le graphique suivant :

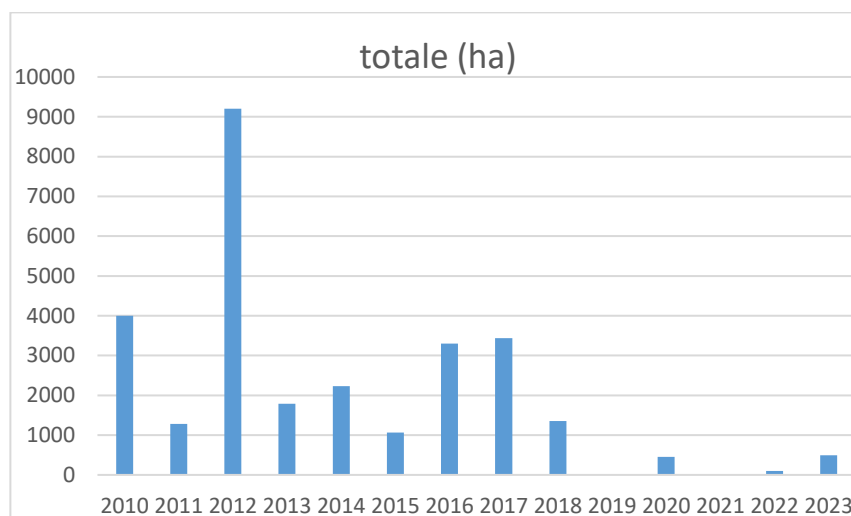


Figure 43 : Histogramme de taux d'infestation total par la chenille processionnaire du pin à bordj Bou Arreridj (2010-2023) (**Conservation des forêts de Bordj Bou Arreridj, 2023**).

Le graphique (**figure 43**) montre le taux d'infestation totale par la chenille processionnaire du pin dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj (BBA) entre 2010 et 2023.

Pic d'infestation en 2012 : Il y a un pic marqué en 2012 avec une infestation de 9202 hectares, bien au-dessus des autres années.

Après 2012, les infestations semblent diminuer progressivement jusqu'à atteindre des niveaux relativement bas en 2019 et 2020.

Absence d'infestation à partir de 2021 : À partir de 2021, il semble que l'infestation ait complètement disparu, avec seulement 100 hectares touchés en 2022 et aucun en 2023.

4.3.2. Bilan des traitements réalisés contre la chenille processionnaire

D'après le bilan de la conservation des forêts sur les traitements contre la chenille processionnaire du pin d'Alep sur l'ensemble du territoire de la wilaya de Bordj Bou Arreridj, ils sont représentés dans le graphique suivant :

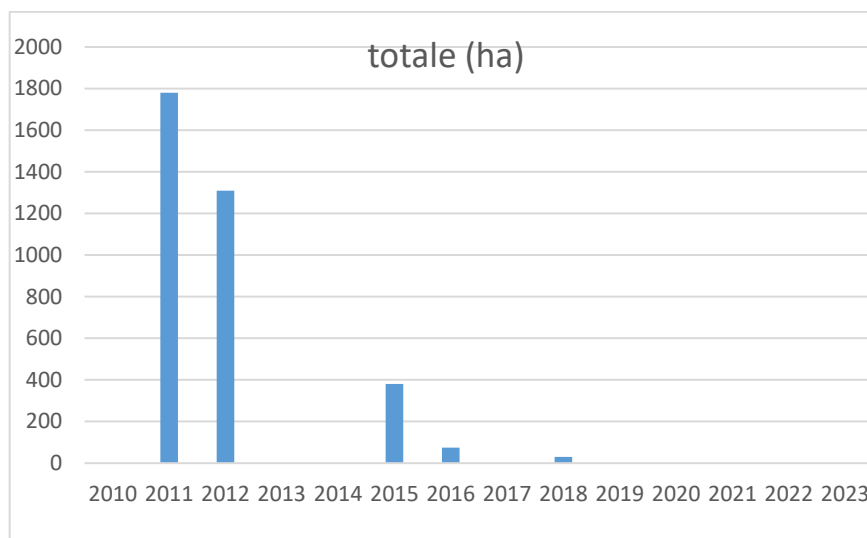


Figure 44 : Histogramme des traitements réalisées à bordj Bou Arreridj (2010-2023)
(Conservation des forêts de Bordj Bou Arreridj, 2023).

Le graphique (**figure 44**) montre les traitements réalisés de 2010 à 2023 dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj, mesurés en hectares (ha).

Traitement réalisé en 2011 et 2012 : On observe que des traitements ont été réalisés en 2011 et en 2012, bien que l'infestation soit restée élevée en 2012 malgré cela. Cela suggère que les traitements effectués n'ont pas été suffisamment efficaces pour contrôler l'infestation cette année.

Réduction de l'infestation après 2012 : Les traitements réalisés en 2012 semblent avoir été efficaces pour réduire considérablement l'infestation les années suivantes, en particulier en 2013 et 2014, où les niveaux d'infestation sont significativement plus bas.

Absence de traitement ultérieur : Il semble qu'aucun traitement n'a été effectué après 2014, malgré la réapparition de l'infestation en 2015. Cela peut expliquer la hausse observée en 2015 et les années suivantes.

Reprise des traitements en 2016 et 2017 : Les traitements ont été repris en 2016 et 2017, ce qui semble avoir eu un effet positif sur la réduction de l'infestation pendant ces années-là.

Baisse continue de l'infestation après 2017 : Après 2017, l'infestation semble continuer à diminuer, même en l'absence de nouveaux traitements, ce qui peut indiquer une récupération naturelle de l'écosystème ou d'autres facteurs qui ont contribué à la réduction des ravageurs.

En examinant ces données, il semble que les traitements réalisés aient eu un impact significatif sur la réduction de l'infestation, mais d'autres facteurs peuvent également avoir joué un rôle.

4.3.3. Incendie

Selon le bilan de la conservation des forêts sur les surfaces forestières incendiées entre 2010 et 2023 sur l'ensemble du territoire de la wilaya de Bordj Bou Arreridj sont représentés dans le graphique suivant :

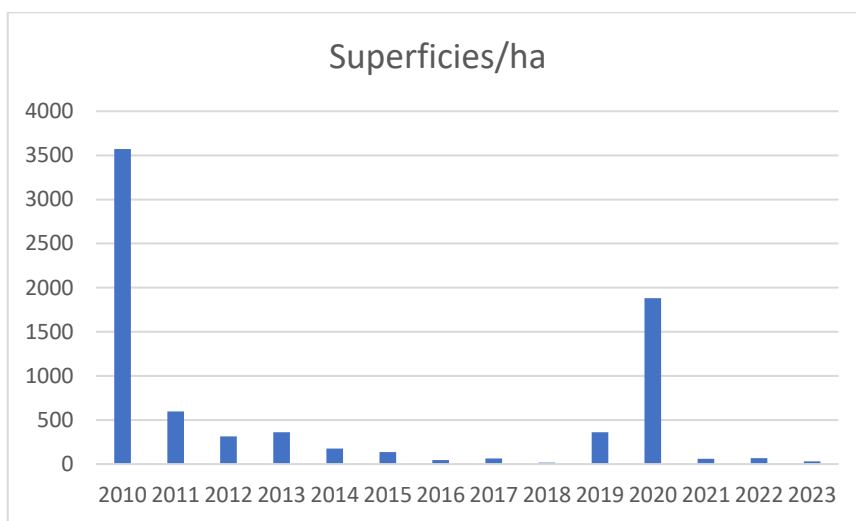


Figure 45 : Histogramme des surfaces forestières incendiées à Bordj Bou Arreridj (2010-2023) (**Conservation des forêts de Bordj Bou Arreridj, 2023**).

Le graphique (**figure 45**) montre les surfaces forestières incendiées à Bordj Bou Arreridj entre 2010 et 2023. Ces données indiquent des variations importantes d'une année à l'autre, avec des pics notables en 2010 et 2020, suggérant des années particulièrement sèches ou des événements spécifiques favorisant les incendies de forêt.

5. Interprétation et discussion

5.1. Effet de la température sur les taux d'infestation de la chenille processionnaire *T. Pytiocampa*

L'influence de la température sur les taux d'infestation de la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopea pityocampa*) peut être interprétée en combinant les deux graphiques (Figure 41) et (Figure 43) sur la période de 2010 à 2023.

Dans cette période on observe que la température est presque stable dans la plupart des années. Malgré cette stabilité on trouve :

- En 2012, un pic massif d'infestation (9202 ha).
- Une diminution très remarquable des infestations pour l'année 2013 par rapport à la précédente (1791 ha).
- Les deux années 2016 et 2017 : Une diminution des infestations.
- 2018 à 2020 : Une diminution des infestations.
- 2020 et 2023 : Une légère augmentation des infestations est observée avec des températures plus élevées (19.3°C).

La variabilité des taux infestés malgré des températures relativement stables suggère l'influence d'autres facteurs environnementaux, biologiques ou humains. Car, selon **Démolin (1969)**, la température optimale pour le développement des chenilles processionnaires se situe entre (20 et 25°C). Les températures moyennes annuelles enregistrées et analysées dans notre travail sont entre (15.5 et 19.3°C), cela impose de poser plusieurs questions et de donner plusieurs hypothèses. L'un qu'il existe un certain changement dans l'écologie, la biologie de la chenille processionnaire.

5.2. Effet de la précipitation sur les taux d'infestation de la chenille processionnaire *T. Pytiocampa*

L'influence de la précipitation sur les taux d'infestation de la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopea pityocampa*) peut être interprétée en comparant les deux graphiques (42) et (43) sur la période de 2010 à 2023.

- Les années de forte précipitation, comme 2011, 2013 et 2017, ne semblent pas systématiquement correspondre à des années de forte infestation. Par exemple, 2013 a des précipitations élevées (392.93mm) mais une faible superficie infestée (1791ha).

- L'année 2012 a la superficie infestée la plus élevée, atteignant près de 10 000 hectares. Bien que n'ayant pas de précipitations exceptionnellement élevées, présente la plus grande superficie infestée.

En conclusion, bien que la précipitation joue un rôle dans la dynamique des populations de la chenille processionnaire, mais elle n'est pas le facteur déterminant.

5.3. Effet des incendies sur les taux d'infestation de la chenille processionnaire *T. Pytiocampa*

L'influence des incendies sur les taux d'infestation de la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopea pityocampa*) peut être interprétée en comparant les deux graphiques (Figure 45) et (Figure 43) sur la période de 2010 à 2023.

- En 2010 : Un pic important de superficie touchée par les incendies a été atteint, avec environ 3500 hectares incendiées. La forte superficie incendiée a réduit temporairement les infestations en éliminant les habitats de la chenille.
- 2012 : Une hausse dramatique des infestations à environ 10 000 hectares. Pourrait être due à l'absence des incendies, les superficies touchées restant généralement inférieures à 500 hectares. Une faible superficie incendiée en 2011, permettant à la chenille de proliférer.
- 2016 et 2017 : faibles superficies incendiées (44.46 et 64.28ha) semblent précéder des hausses des infestations (3298 et 3434ha).
- 2020-2023 : une forte réduction des incendiées.

En conclusion, les données suggèrent une relation directe entre les incendies et les infestations de la chenille processionnaire. Les incendies semblent initialement réduire les infestations en détruisant les habitats, mais une réduction prolongée des incendies peut permettre à la chenille de se rétablir et de proliférer. Une gestion équilibrée des forêts, incluant la prévention des incendies et la surveillance des infestations, est donc nécessaire. La diminution des infestations après 2020 indique une action efficace de contrôle des ravageurs ou des conditions environnementales qui ont inhibé leur propagation. Les incendies pourraient agir comme un facteur de contrôle naturel des infestations en réduisant la végétation nécessaire à la survie des chenilles.

5.4. Effet des traitements sur les taux d'infestation de la chenille processionnaire *T. Pytiocamp*

L'influence des traitements sur les taux d'infestation de la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopea pityocampa*) peut être interprétée en combinant les deux graphiques (Figure 44) et (Figure 43) sur la période de 2010 à 2023.

- Les traitements en 2011 et 2012 ont coïncidé avec des taux d'infestation élevés, suggérant une approche réactive pour contrôler la propagation.
- La diminution significative de l'infestation après 2016, malgré une faible activité de traitement, pourrait indiquer un effet retardé des traitements ou d'autres facteurs influençant les taux d'infestation.
- Les années 2020-2023 ont montré des taux d'infestation très faibles, ce qui indique un contrôle possible de l'infestation ces dernières années, même sans traitements extensifs.

Après la forte infestation en 2012, il y a eu un effort de traitement notable, suivi d'une diminution des superficies traitées au fil des années. Les superficies infestées ont également généralement diminué avec quelques fluctuations.

Pour mieux comprendre les raisons derrière ces tendances, nous pouvons examiner les événements ou changements majeurs qui se sont produits dans la région forestière au cours de ces années, ainsi que les données environnementales pertinentes telles que les conditions météorologiques, les incendies de forêt, des changements dans la dynamique des populations de ravageurs et de leurs prédateurs naturels. etc.

Avec ces informations supplémentaires, nous pourrions élaborer une analyse plus approfondie pour expliquer les schémas observés dans nos données d'infestation.

Conclusion générale

Conclusion générale

Thaumetopoea pityocampa est l'un des importants insectes ravageurs des pinèdes en Algérie. Ce ravageur est responsable de plusieurs dégâts naturels et humains. En effet, la chenille peut se nourrir pendant son stade larvaire sur plusieurs espèces de pins ou de cèdre. Cette activité alimentaire entraîne un affaiblissement des forêts, réduisant ainsi leur capacité à résister à d'autres menaces telles que les incendies et la sécheresse. De plus, cet affaiblissement rend les arbres plus vulnérables aux attaques d'autres ravageurs forestiers, amplifiant ainsi les dommages causés aux écosystèmes forestiers.

Notre étude avait pour objectif d'évaluer et d'analyser les taux d'infestation de la chenille processionnaire du pin d'Alep (*T. pityocampa*) dans les forêts de la wilaya de Bordj Bou Arreridj. Les données statistiques ont révélé un pic massif d'infestation en 2012, suivi d'une diminution les années suivantes. Ce pic reste inexplicable, ni par les variations de température ni par les précipitations, suggérant qu'il pourrait résulter d'un événement isolé ou de conditions spécifiques favorables à la prolifération de la chenille processionnaire (Il est important de noter que la relation entre l'infestation par la chenille processionnaire, la température et les précipitations peut varier en fonction de la région géographique et des conditions locales spécifiques).

Les incendies forestiers sont également des facteurs importants à considérer. En effet, ils peuvent avoir un impact paradoxal sur les populations de chenilles. D'une part, les incendies peuvent réduire les populations de chenilles en détruisant directement leurs habitats. D'autre part, ils peuvent créer des conditions favorables à leur recolonisation et à leur prolifération. Ainsi, les incendies peuvent jouer un rôle complexe dans la dynamique des populations de chenilles processionnaires.

La gestion intégrée des ravageurs, les pratiques agricoles, ainsi que les conditions météorologiques autres que la température et les précipitations, jouent un rôle crucial dans la dynamique des populations de la chenille processionnaire du pin d'Alep. De plus, des éléments écologiques comme les populations de prédateurs naturels contribuent également à façonner les niveaux d'infestation. Il est essentiel de reconnaître que les infestations résultent d'une interaction complexe de multiples facteurs environnementaux et biologiques. Ainsi, il est difficile de prédire les taux d'infestation uniquement en se basant sur les températures et les précipitations.

Dans notre cas, nous avons observé des variations des températures moyennes annuelles, oscillant entre 15,5 et 19,3 °C, sans qu'elles aient un impact significatif sur l'infestation. Bien que les précipitations puissent influencer la dynamique des populations de la chenille processionnaire, elles ne constituent pas le seul facteur déterminant. Une approche holistique et intégrée est donc nécessaire.

En conclusion, la menace posée par la chenille processionnaire du pin d'Alep est significative pour nos forêts. Sa gestion requiert une approche adaptative et globale, combinant différentes méthodes pour réduire son impact écologique et sur la santé. Notre étude souligne également l'importance de renforcer la résilience de nos écosystèmes forestiers face à diverses menaces, notamment les changements climatiques et les incendies, afin d'assurer leur durabilité à long terme. La protection du pin d'Alep est cruciale non seulement pour la préservation de nos forêts, mais aussi pour le bien-être des populations locales qui dépendent de ces écosystèmes pour leur subsistance et leur santé.

Références bibliographiques

Les références bibliographiques

A

- Agenjo, R. (1941).** Monographia de la familia des Thaumetopoeidae (Lep.). Eos, Revista Espanola de Entomologia, 17, 69-130.
- Ammari, Y., Sghaier, T., Khaldi, A., & Garchi, S. (2001).** Productivité du pin d'Alep en Tunisie : Table de Production. *Annales de L'INRGREF NSpécial*, 239-246.
- Andi, (2010).** Agence nationale de développement de l'investissement, wilaya de Bordj Bou Arreridj. 17 p.
- Aniref, (2011).** Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière. Monographie de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj. 6p.
- Arnaldo, P. S., Chacim, S., & Lopes, D. (2010).** Effects of defoliation by the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* on biomass growth of young stands of *Pinus pinaster* in northern Portugal. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 3(6), 159.

B

- Barbaro, L. (2008).** Les oiseaux insectivores prédateurs de la processionnaire du pin. In *Colloque Insectes et changement climatique*. Colloque « Insectes et changement climatique » Micropolis.
- Battisti, A. (1989).** Field studies on the behavior of 2 egg parasitoids of the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa*. *Entomophaga*, 34, 29–38.
- Battisti, A., Avci, M., Avtzis, D. N., Jamaa, M. L. B., Berardi, L., Berretima, W., ... & Frérot, B. (2014).** Natural history of the processionary moths (*Thaumetopoea* spp.): new insights in relation to climate change. In *Processionary moths and climate change: An update* (pp. 15-79). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Battisti, A., Holm, G., Fagrell, B., Larsson, S. (2011).** Urinating hairs in arthropods: their nature and medical significance. *Anne. Rev. Entomologie.*, 56, 203-220.
- Battisti, A., Larsson, S., & Roques, A. (2017).** Processionary moths and associated urtication risk: Global change–driven effects. *Annual Review of Entomology*, 62, 323-342.
- Battisti, A., Stastny, M., Netherer, S., Robinet, C., Schopf, A., Roques, A., & Larsson, S. (2005).** Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. *Ecological applications*, 15(6), 2084-2096.
- Bedel, J. (1986).** Aménagement et gestion des peuplements de *Pinus halepensis* dans la zone méditerranéenne française. *Options méditerranéennes. Série d'étude CIHEAM* 86/1.127-156.
- Beker, M., Picard, J.F., Timbal, J. (1982).** Larousse des arbres et arbustes de l'Europe occidentale Librairie Larousse, Paris, 330 p.
- Benslimane, M., Hamimed, A., Zerey, W. E., Khaldi, A., & Mederbal, K. (2009).** Analyse et suivi du phénomène de la désertification en Algérie du nord. *VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement*, 8(3).
- Bensouilah, R. (2003).** Du Nord au Sud : le recours à l'environnement, le retour des paysans. *Communication présentée aux 15èmes Journées de la Société d'Ecologie Humaine Marseille*, 11-12.
- Berrehal, N. (2016).** « Contribution à l'étude des perturbations engendrées par la route touristique N° 12 sur la forêt de Béni Ghobri ». Mémoire de Master en Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri, PP 12-13.

- Bentouati, A. (2006).** Croissance, Productivité Et Aménagement Des Forêts De Pin D'alep (*Pinushalepensis* Mill.) Du Massif De Ouledyagoub (Kenchela-Aurès). Mémoire Doctorat. Agro Batna. 116 P.
- Biliotti, E. (1958).** Les parasites et prédateurs de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lépidoptéra). *Entomophage*, 3(1), 23–24.
- Biliotti, E., Démolin, G., Du Merle, P. (1965).** Parasitisme de la processionnaire du pin par *Villa quinquefasciata* Wied. Apud Meig. (Diptère, Bombyciliidae). Importance du comportement de ponte du parasite. *Annales des Epiphyties*, 16, 279-288.
- Bonnet, C., et Martin, J. C. (2008).** Processionnaire du pin. Quand un ravageur forestier devient un problème sanitaire. *Noise Parasite. Inf.*, 54, 23-25.
- Bouazza, M., & Benabadji, N. (1998).** Composition floristique et pression anthropozoiqne au Sud-Ouest de Tlemcen. *Rev. Sci. Techn.*, (10), 93-97.
- Bouazza, M., Mahboubi, A., Loisel, R., & Benabadji, N. (2001).** Bilan de la flore de la région de Tlemcen (Oranie-Algérie). *Forêt méditerranéenne*, 22(2), 130-136.
- Bouchou, L., and Chakali, G. (2014).** Egg mass analysis of the pine processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera, Thaumetopoeinae) in Aleppo pine forests in Semi-arid area (Djelfa- Algeria). *International Journal of Agricultural Science and Research* 4 (6), 43-52.
- Bouchou, L. (2015).** Les parasitoïdes embryonnaires de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff et leur importance dans quelques peuplements de pin et de cèdre du Nord de l'Algérie (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat, ENSA El-Harrach-Alger-Algeria).
- Bouchou, M. L. (2015).** "Les parasitoïdes embryonnaires de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff et leur importance dans quelques peuplements de pin et de cèdre du Nord de l'Algérie."
- Boudy, P. (1952).** Guide du forestier en Afrique du Nord.
- Boulal, R., Tayeb, I. (2018).** « Etude de la biodiversité entomologique au niveau des deux sites Boumergued et El Hammadia dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj ».
- Bouragba Nadjet, (2015).** Contribution à l'étude des minéralisations de la chaîne des Azerou (chaîne des Bibans, Bordj Bou Arreridj). Université Ferhat Abbas-Setif, diplôme de magister, p 79.
- Boussaidi, N. (2005).** « Sylvopastoralisme dans les forêts tunisiennes : Parcours en forêts et risque de dégradation des potentialités Pastorales dans la VIème série ... Tunisie » (Omn. Univ. Europ.) (French Edition).
- Boutchiche, F., Boutrigue, S. (2016).** Caractérisation morpho métrique de la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) et de son hôte au niveau de la wilaya de Tlemcen. Mémoire de fin d'étude en Sciences biologiques : Université de Tlemcen 79p.
- Braun-Blanquet, J. (1936).** Lande à Romarin et Bruyère (*Rosmarinio Ericion*) en Langue doc. Comme.S.I.G.M.A. n O 48, Montpellier.
- Buffo, E., Battisti, A., Stastny, M., & Larsson, S. (2007).** Temperature as a predictor of survival of the pine processionary moth in the Italian Alps. *Agricultural and Forest Entomology*, 9(1), 65-72.
- e*
- Cadahia, D., Démolin, G., and Biliotti, E. (1967).** *Météores versicolore* var. *décolorâtes*, nouveau parasite de *Thaumetopoea pityocampa*. *Entomophaga*, 12,355-36.

- Carbonell, G., Monet, J. P., Dusserre, G., & Sauvagnargues-Lesage, S. (2004).** Embrasement généralisé éclair en feu de forêt. *Ecole des Mines d'Alès-Sdis*, 13.
- Cemagref, (1994).** « Plans de prévention des risques naturels, risques d'incendies de forêt ». Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. France, 81p.
- Chakali, G. et Hezil, S. (2018).** « Diversité et stratégie d'occupation des insectes ravageurs des forêts en Algérie »
- Chakroun, M. L. (1986).** Le pin d'Alep en Tunisie. *Options Méditerranéennes, Série Etude CIHEAM*, 86(1).
- Charmot, P. (1987).** La chenille processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff, et son importance médicale (Doctoral dissertation).
- Cherak, I. (2010).** Facteurs D'échec Et De Réussite Des Reboisements De Pin D'alep Dans Trois Stations : Ain-Touta, Tazoult Et Bouilef. *Mémoire De Magistère, Sciences Agronomiques*. 4p.
- Chinery, M. (1982).** *Insectes d'Europe*. Ed. Bordas. France : 200 p.
- Cochard, B., Bovigny P.Y and Lefort F. (2014).** La chenille processionnaire du pin. *Horti culture romande*. N 7/8
- Couhert, B., & Duplat, P. (1993).** Le Pin d'Alep. En *Recontre Forestiers-Chercheurs en Forêt Méditerranée*. La Grande Motte, 6-7 October 1993. *Les Coloques*, 63, 12-147.

D

- Dahman, M. (1986).** Les produits du pin d'Alep en Tunisie. *Option 86/1CIHEAM*.
- Daziano, L. (2014).** « L'urbanisation du monde une chance pour la France ». *La fondation pour l'innovation politique*. 43p
- Demolin, G. (1988).** "The cedar processionary: *Thaumetopoea bonjeani* (Powell). Scientific Report and Iconographic Report" *Intensification of Phytosanitary Protection of Forests, Algeria 1986-1987*. *FAO ReportRome, ItalyIn French*
- Démolin, G., Delmas, J.C. (1967).** Les éphippigères, orthoptères tettigonidae, prédateurs Occasionnels mais importants de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *Entomophaga*, n", pp. 399-401.
- Demolin, G., Millet, A. (1983).** Le dimilin utilisé à trois doses sur la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *Rev. For. Fr.* [en-ligne] 35(2) 107-111. [<http://documents.irevues.inist.fr>] (consulté le 10Mars 2011).
- Démolin, G. (1969).** Bioecologia de la procesionaria del pino *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *Incidencia de los factores climaticos*. *Boletin del Servicio de Plagas Forestales*, 12, 9-24.
- Démolin, G. (1969).** Bioecologia de la procesionaria del pino *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *Incidencia de los factores climaticos*. *Boletin del Servicio de Plagas Forestales*, 12, 9-24.
- Démolin, G. (1969).** Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *Dispersion spatiale, importance écologique*. In *Annales des sciences forestières* (Vol. 26, No. 1, pp. 81-102). *EDP Sciences*.
- Démolin, G. (1990).** Réflexions générales sur la diapause et les diapauses renforcées chez la Processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. In *Les Colloques de l'INRA 52-Cycles saisonniers chez les invertébrés*, Dourdan, France, 20–22 February 1990 (Oral communication, unpublished).
- Démolin, G. Martin, J. C., et Lavanceau, P. (1993).** Lutte contre la processionnaire du pin. L'évolution des insecticides à base de *Bacillus thuringiensis*. *Phytoma*, 452, 13–16.
- Denis et Schiffermüller, (1775).** *Systematisches Verzeichnis der Schmetterlinge der Wienergegend*. Wien : bernardi, 343 p.
- Développement durable des ressources forestières et alfatières », 81 p.

- DGF, (2004).** « Programme d'action nationale sur la lutte contre la désertification ». 103 p
- DGF, (2007).** « Rapport sur la politique forestière et stratégique d'aménagement et de
- Djelid, A. & Hamichi, I. (2016).** « Contribution à l'étude des facteurs anthropique dans le Parc National du Djurdjura ». Mémoire d'Ingéniorat en Foresterie. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, p.
- Du merle, P. (1969).** Le complexe parasitaire hypogé de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lépidoptéra). Bolet in des Services de Plages Forest ales, 13, 131-132.

E

- El Mokhefi, M. H., Chakali, G., Rahim, N., Bouchou, L., & Battisti, A. (2021).** Is body size a good indicator of fecundity in the genus *Thaumetopoea*? A story told by two intrageneric Mediterranean forest defoliators. *Agricultural and Forest Entomology*, 23(1), 23-31.
- Elie F, (2009).** Chenilles processionnaires. Mai 2004, mars 2006, mars 2009, pp : 2-8.

F

- Farah Abdelhafid Karim, (2014).** Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est algérien. Université Constantine 1, thèse Magistère, p 108.
- FRA, (2010).** « Évaluation des ressources forestières mondiales 2010 ». Rapport national : Algérie. 57 p
- Fraval A, (2006).** « Le Longicorne de l'eucalyptus ». *Insectes*. N°140, pp. 33-37
- Fredon, (2014).** Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles en France.

G

- Gachi, (1996).** La chenille processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Conférence Journée d'étude en protection des forêts C.F.A.T.S Jijel. 17 pp
- Géri, C. (1983a).** Répartition et évolution des populations de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff, (Lep., Thaumetopoeidae) dans les montagnes corses. I. Régimes d'apparition de l'insecte et dynamique des populations. *Acta Oecologia, Oecologia Appli cata*, 4, 247–268.
- Géri, C. (1983b).** Dynamique de la processionnaire du pin dans la vallée de Niolo en Corse au cours des cycles 1965–1966, 1967–1968, 1969–1970. Rôle de certains caractères du milieu forestier. *Annales of Forest Sciences*, 40, 123–156.
- Ghennai Nabil, (2012).** Etude des rapports et des corrélations entre le régime bioclimatique et les incendies de forêts (cas de l'Est-Algérien), Mémoire fin d'étude de Magister, p 91.
- Gonzalez-Cano, J. M. (1981).** Prédation de processionnaire de pin en le zona de Mora de Rubie los (Teruel). Bolet in de la Stadion Central de Écologie, 10, 53–77.
- Gottschling, S., Meyer, S., Dill-Mueller, D., Wurm, D., & Gortner, L. (2007).** Outbreak report of airborne caterpillar dermatitis in a kindergarten. *Dermatology*, 215(1), 5-9.
- Graf, P., Mzibri, M., M'hirit, O., Samih, A., & Malagnoux, M. (1994).** L'infestation du Cedre d'Atlas *Cedrus atlantica* (Manetti) par la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) au Maroc et son impact sur la productivite.
- Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., Bai, X., & Briggs, J. M. (2008).** Global change and the ecology of cities. *Science*, 319(5864), 756-760.

Grojean, A.L., de Baudouin, C., Flamant, S. (2006). Incidences environnementales et sanitaires des chenilles processionnaires et de leurs traitements en France. In : Ingénieurs du Génie Sanitaire, Atelier Santé-Environnement, promotion 2005-2006 [en-ligne]. Rennes : ENSP.

#

Hamel, T., Boulemtafes, A., & Bellili, A. (2019). L'impact de surpâturage sur les subéraies de la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). *Geo-Eco-Trop*, 43(1), 119-128.

Hodar, J. A., Zamora, R., and Castro, J. (2002). Host utilization by moth and larval survival of pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* in relation to food quality in three *Pinus* species. *Ecological Entomology*, 27, 292–301.

Huchon, H., & Demolin, G. (1970). La bioécologie de la Processionnaire du pin : dispersion potentielle, dispersion actuelle. *Revue forestière française*, 22(S), 220-234.

7

Inal, A., Altintas, D. U., Güvenmez, H. K., Yilmaz, M., & Kendirli, S. G. (2006). Life-threatening facial edema due to pine caterpillar mimicking an allergic event. *Allergologia et immunopathologia*, 34(4), 171-173.

8

Jappiot, M., Blanchi, R., et Alexandrian, D. (2002). Cartographie du risque : recherche méthodologique pour la mise en adéquation des besoins, des données et des méthodes. CEMAGREF. ENSMP-ARMINES. Agence MTDA., Colloque de restitution des travaux de recherche du SIG Incendies de forêt. 4 Décembre 2002. Marseille (France).

κ

Kadik, B. (1987). Les Espèces Ligneuses A Usage Multiple De La Zone Méditerranéenne, Rapport De Mission, Saragosse, Espagne : 41p.

Kadik, B. (1987). Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) en Algérie : Ecologie, Dendrométrie, Morphologie. *Office des publications universitaires* (Alger). 585p.

Kerrache, G. (2011). Impacts du préaménagement sur les formations forestières : cas de la forêt de Fenouane (Commune de Ain El Hadjar, W de Saïda, Algérie).

Kerrache, G., Labani, A., Benabdeli, K., & Chafai, C. (2019). Dynamique de la végétation forestière et impact des travaux du preamenagement forestier dans les monts de daïa-Saïda (ouest algerien). *Lebanese Science Journal*, 20(2), 230-247.

Kiriakoff, S. G. (1970). *Lepidoptera: Familia Thaumetopoeidae...* Éditions Mercurius.

λ

Laadel, N. (2014). « Impact de la faune entomologique sur le dépérissement de l'eucalyptus camaldulensis dans les régions de Sétif et Bordj Bou Arreridj ». Mémoire de Magister en conservation de la biodiversité faunistique. Université Ferhat Abbas, Sétif, 119 p

Laala, A., & Alatou, D. (2016). Cartographie de la variabilité thermique des écosystèmes forestiers de l'Est algérien (Doctoral dissertation, Université Frères Mentouri-Constantine 1).

- Laouar, S., des Sites C. D. B., & Naturels, P. (2010).** Etat de la biodiversité en Algérie. In Actes du colloque international de Paris. L'efficacité de l'évaluation environnementale pour l'atteinte des objectifs de développement durable : application à la gestion de la biodiversité (Vol. 20).
- Lemoine, B. (1977).** Contribution à la mesure des pertes de production causées par la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) au Pin Maritime dans les Landes de Gascogne. In Annales Des Sciences Forestieres (Vol. 34, No. 3, pp. 205-214). EDP Sciences.
- Lilian, M. (2016).** La chenille processionnaire du Pin, une présence cyclique. *Thaumetopoea pityocampa* (Denis et Schiff er Müller, 1775). Office National des Forêts, correspondant du Département Santé des Forêts pour le 04.
- Louni, D. (1994).** Les forêts algériennes. Forêt méditerranéenne, 15(1), 59-63.

M

- Marcoux, M. A., Matias, M., et Vincent, P. (2019).** « Caractérisation de la problématique des déchets sauvages ». Rapport. 84 p.
- Markalas, S. T. E. P. H. A. N. O. S. (1998).** Biomass production of *Pinus pinaster* after defoliation by the pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.). USDA, Forest Service General Technical Report, NE-247.
- Martin, J.C and Bonnet, C. (2008).** Les moyens de lutte disponibles et à venir en milieu forestier et urbain. In : Colloque Insectes et changement climatique. Micropolis , Aveyron. France.
- Martin, J.C. (2005).** La processionnaire du pin : *Thaumetopoea pityocampa* (Denis et Schiffermüller). Biologie et protection des forêts. Synthèse des recherches bibliographiques et des connaissances, INRA Avignon. [Enligne] [<http://www.prodinra.inra.fr/prodinra/pinra/index.xsp>] (Consulté le 23 Novembre 2010).
- Martin, J.C. (2005).** La processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Biologie et protection des forêts. Institut national de recherches agronomiques INRA, France. 61p.
- Martin, J.C. (2005).** La processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Biologie
- Martin, J.C. (2006).** Méthodes de lutte contre la chenille processionnaire du pin en forêt. Régions corse, Languedoc- Roussillon, Paca et Rhône- Alpes. Département de la santé des forêts Information technique N° 57. Echelon technique Sud – Est
- Martin, J.C., Bonnet C. (2008).** Les moyens de lutte disponibles et à venir en milieu forestier et urbain. In .Colloque Insectes et changement climatique. [en.ligne] Micropolis, Aveyron(France), 15 novembre 2008.
- Martin, J.C., Brinquin, A.S. (2017).** Les clés pour lutter contre la processionnaire du pin
- Martin, J.C., Jambois, A. (2016).** Protection des arbres et des personnes contre les nuisances causées par la processionnaire du pin. Analyse Socio-économique des Impacts de la Recherche Publique Agricole. Sciences et impact, p 16.
- Martin, J. C., et Bonneaux, X. (2006).** *Bacillus thuringiensis* 30 ans de lutte contre les chenilles défoliatrices en forêt. Phytoma, 590, 4–7.
- Martin, J.C. (2007).** La processionnaire du pin : *Thaumetopoea pityocampa* (Denis et Schiffermüller). Biologie et protection des forêts. Synthèse des recherches Bibliographiques et des connaissances, INRA Avignon. [Enligne]
- McKinney, M. L. (2006).** Urbanization as a major cause of biotic homogenization. Biological conservation, 127(3), 247-260.

- Mekideche, S., Brakchi-Ouakour, L., & Kadik, L. (2018).** Impact des perturbations anthropiques sur la diversité végétale de la subéraie de Chréa, au nord de l'Algérie. *Bois & Forêts des Tropiques*, 337, 53-66.
- Messaoud, K. C. (2017).** Dégât, lutte sur la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocompa* dans la forêt de HARHARA région SOUR EL GHOZELEN (Doctoral dissertation, Université de Bouira).
- Mezali, M. (2003)** : Rapport sur le secteur forestier en Algérie. 3^{ème} session du forum des Nations Unis sur les forêts, 9 p.
- Micas, L. (2016).** La chenille processionnaire du pin une présence cyclique : Office National des Forêts, correspondant du Département Santé des Forêts pour le 4.2p.
- Molinier, R. (1954).** Sur la nature et la signification de divers bois de pins dans le sud-est de la France. Rapport à la Section 13 du 8^o Congrès international de botanique. Paris, 1954, p. 35-38.
- Morel, E. (2008).** La chenille processionnaire du pin et ses parasites omophages. Vers un moyen de lutte biologique ? In. Collaborations scientifiques, un stage. Les parasites omophages de la processionnaire. [En. Ligne] Master Ingénierie en Ecologie et Gestion de la Biodiversité, Montpellier, 66p.
- Mouna, M., & Maroc. Université Mohammed V-Agdal. Institut Scientifique (Rabat). (2013).** Les insectes du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le Nord de l'Afrique. Institut Scientifique.

N

- Nahal, I. (1986).** Taxonomie et aire géographique des pins du groupe *halepensis*. CIHEAM-Options Méditerranéennes. N° 1, P 1-9.69
- Nahal, I. (1962).** Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. *Ann. Ecole Nat. Eaux Forêts, Nancy*, 19, 473-686.
- Nahal, I. (1962).** Le pin d'Alep. Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. *Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts*. 4. 533.627.
- Nedjraoui, D., & Bedrani, S. (2008).** La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *Revue électronique en sciences de l'environnement, VertigO*, 8 : 7-15.
- Nierhaus-Wunderwald, D., Wermelinger, B., & Dousse, M. (2001).** Le bombyx disparate ("*Lymantria dispar*" L.). Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage.

P

- Pardé, J. (1957).** La productivité des forêts de Pin d'Alep en France. *Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences Forestières*, 15(2), 365-415.
- Pimentel, C., & Nilsson, J.Å. (2007).** Response of great tits *Parus major* to an eruption of a pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* population with a shifted phenology. *Ardea*, 95, 191-199.
- Powell, (Lepidoptera, Notodontidae) dans le Djurdjura** ». Thèse de Doctorat en biologie et écologie en zoologie agro-sylvo pastoral. École nationale supérieure agronomique El-Harrach, Alger, 148 p

Q

- Quezel, P. (1980).** Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen actualités d'écologie forestière sol, flore, faune. Ed. Gauthier villars. Paris : 205-255.

Quezel, P. (1986). "Les pins du groupe « Halepensis » : écologie, végétation, écophysiologie." Options méditerranéennes : 11-24.

Quezel, P., Et Medail, F. (2003). Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier Collection Environnement, Paris, 573 p.

R

Rahim, N. (2016). Bioécologie de la processionnaire du cèdre *Thaumetopoea bonjeani* Powell (Lepidoptera, Notodontidae) dans le Djurdjura (Doctoral dissertation, ENSA).

Rahim, N., Chakali G., & Battisti A. (2021). Impact of natural enemies on larvae of *Thaumetopoea bonjeani* (Lepidoptera Notodontidae) in association with *Thaumetopoea pityocampa* in northern Algeria. Redia : Giornale di Zoologia, 104.

Rameau, J.C., Mansion, D., et Dumé, G. (2008). Flore forestière française: région méditerranéenne (Vol.3). Forêt privée française. 2432P.

Ricklefs, R. E., Relyea, R., & Richter, C. (2014). *Ecology: The Economy of Nature (Canadian Edition)*. Macmillan Higher Education.

Rivier, J. (2011). Les chenilles processionnaires du pin : évaluation des enjeux de santé animale : thèse pour le doctorat vétérinaire présenté et soutenue publiquement devant la faculté de médecine de Créteil : école nationale vétérinaire d'Alfort

Robinet, C., Rousselet, J., & Roques, A. (2014). Potential spread of the pine processionary moth in France: preliminary results from a simulation model and future challenges. *Annals of forest science*, 71, 149-160.

Rousselet, J. (2008). La chenille processionnaire du pin et le réchauffement climatique. Vers de nouvelles méthodes de lutte contre un insecte forestier urticant qui s'invite en ville. In. Colloque Insectes et changement climatique [enligne]. Micro polis, Aveyron (France), 15 novembre 2008.

S

Sahar, O. (2014). Les feux de forêt en Algérie : analyse du risque, étude des causes, évaluation du dispositif de défense et des politiques de gestion (Doctoral dissertation, Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou).

Sahnoune, F.S., et Chibane, M. (2017). La distribution des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin d'Alep *Thaumetopoea pityocampa* dans la région de Sour El Ghozlane. Université Akli Mohand oulhadj. Bouira, pp 86.

Sbabdji, M., Lambs, L., Haddad, A., & Kadik, B. (2015). Effect of periodic defoliations by *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. On radial growth in cedar woodland in Chréa, Algeria. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 70(4), 371-386.

Scheiner, P. (2003). Les chenilles processionnaires chez le chien. Thèse Méd. Vêt., Lyon, N°136, 122p.

Schintlmeister, A. (2013). Notodontidae & Oenosandridae (Lepidoptera). In *Notodontidae & Oenosandridae (Lepidoptera)*. Brill.

Schvester, D. (1990). Protection phytosanitaire de la forêt méditerranéenne : les insectes. *Forêt méditerranéenne*, 12(3), 248-256.

Sebti, S. (2015). Recherche écologique et répartition spatio-temporelle de la processionnaire *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Dans la région de l'Atlas blideen (Doctoral dissertation).

Seigue, A. (1985). La foret circummediterraneenne et ses problemes.

- Sengupta, D., Kannan, M., & Reddy, A. R. (2011).** A root proteomics-based insight reveals dynamic regulation of root proteins under progressive drought stress and recovery in *Vigna radiata* (L.) Wilczek. *Planta*, 233, 1111-1127.
- Silvain, J. (2019).** « Du déclin au rétablissement de la biodiversité : l'urbanisation et l'avenir de la conservation de la biodiversité ». Synthèse de l'article "From bottleneck to breakthrough: urbanization and the future of biodiversity conservation". Fondation pour la recherche sur la biodiversité. 14 p
- Simón Navarrete, E. D. (1990).** Restoration of the vegetation of Mediterranean watersheds: reforestation in arid zones.
- Simula, M. (2009).** Vers une définition de la dégradation des forêts : analyse comparative des définitions existantes.
- Soltani, N., Aribi, N., and RizK, G. (1988).** Etude de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff (Lepidoptera, Notodontidae) et effets de *Bacillus thuringiensis* Berliner. *Annals Soc. ent. Fr. (NS)* 24(4) : 377-500.
- Souleres, G. (1969).** Le pin d'alep en Tunisie.

7

- Talbi, S. (2019).** Contribution à l'étude du dépérissement du pin d'Alep *Pinus halpensis* Mill. (Symptôme, cause et traitement) cas de la forêt de Draa El-Aoud à Mecheria (Wilaya de Naâma). Mémoire de Master 2 : Ecologie. Université de Tlemcen, 8-9p.
- Tsankov, G., Mirchev, P., and Matova, M. (2006).** Egg parasitoids, rate of parasitism and structure of egg batches of *Thaumetopoea pityocampa* (Den. and Schiff.) (Lep, Thaumetopoeinae) from the region of Orchid (Republic of Macedonia). *Silva Balcanica*, 7, 77-87.15 nov. 2008. (www.inra.fr/projet_urticlim/reunions/micropolis).
- Turpin, M. (2006).** Les chenilles urticantes. Effets pathogènes chez l'homme et chez l'animal et données actuelles sur les venins et les moyens de lutte. Thèse. Méd. Vêt. Nantes, N°097, 182p.

V

- Vega, J.M., Moneo, I., Armentia, A., Caballero, M.L., et Miranda, A. (2004).** Occupational immunologic contact urticaria from pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa*): experience in 30 cases. *Contact Dermato*. 50(2), pp : 60-64.
- Venet, J. (1986).** Identification des outils et méthodes utilisées à Dynafor concernant la Dendrochronologie.
- Villemant, C. (2010).** Le bombyx disparate en Europe méditerranéenne et en Afrique du nord. Historique des gradations, dynamique des populations et lutte. Actes de la CIFE VI (Rabat), Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie, 47, 97-106.

W

- Werno, J., Lesthelle, S., Doerman, F., & Vincendeau, P. (2002).** Envenimations par les lépidoptères. *Revue Française des Laboratoires*, 2002(342), 35-39.

Williams, N. S., Schwartz, M. W., Vesk, P. A., McCarthy, M. A., Hahs, A. K., Clemants, S. E., ... & McDonnell, M. J. (2009). A conceptual framework for predicting the effects of urban environments on floras. *Journal of ecology*, 97(1), 4-9.



Zahiri, R., Lafontaine, D., Schmidt, C., Holloway, J. D., Kitching, I. J., Mutanen, M., & Wahlberg, N. (2013). Relationships among the basal lineages of Noctuidae (Lepidoptera, Noctuoidea) based on eight gene regions. *Zoologica Scripta*, 42(5), 488-507.

Zamoum, M. (1986). Instruction technique, réseau d'avertissement contre la processionnaire du pin juin 1986. INRF Doc. Interne 14 pp.

Zamoum, M. (1998). Données sur la bioécologie, les facteurs de mortalité et la dynamique des populations de *Thaumetopoea pityocampa* Denis et *Schiffermüller* (Lep., Thaumetopoeidae) dans les pineraies subsahariennes de la région de Djelfa (Algérie) (Doctoral dissertation, Rennes 1).

Zamoum, M., Guendouz, H., & Deia, D. (2006). Structure des communautés d'ennemis naturels de *Thaumetopoea pityocampa* Denis & *Schiffermüller* (Lep., Thaumetopoeidae) sur pin d'Alep en Algérie. *Entomologica*, 40, 139-151.

Zamoum, M., Khemici, M., & Bahmane, R. (2014). Gradation et régulation de *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera, Lymantriidae) avec *Bacillus thuringiensis* Berliner var. *kurstaki* dans les subéraies du centre et de l'est algérien. *Phytoprotection*, 94(1), 13-18.

Zamoum, (1998). Données sur la bio écologie, les facteurs de mortalité et la dynamique des populations de *Thaumetopoea pityocompa* DENIS & SCHIFFERMULLER (lep ; Thaumetopoeinae) dans les pineraies subsahariennes de la région de Djelfa (Algérie). Thés de doctorat de l'université de RENNES I, 247pp.