

République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Université DJILALI BOUNAAMA
جامعة الجلالي بونعامة
KHEMIS MILIANA
خميس- مليانة



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre
Département des Sciences Agronomiques
Spécialité : Production végétale

MEMOIRE de fin d'études en vue de
L'obtention du diplôme de master en Sciences de la Nature et de la Vie et des
Sciences de la Terre

Thème :

La répartition des nids d'hiver de la chenille
Processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* schiff dans
les forêts de pins et de cèdres de la région d'Ain-Defla.

Présentés par :

MEFTAHI Badreddine SMAIL Ibrahim

Devant le jury composé de :

Mr. BABA AISSA Nadhir	M.C.B Président	UDB- Khemis Miliana
Mr. BOUZAR ESSAIDI. K.	M.C.B Promoteur	UDB- Khemis Miliana
Mme. CHEBAB. H.	M.A.A Examinatrice	UDB- Khemis Miliana

Année universitaire 2021/2022

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier **Allah**, le tout Puissant, de m'avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terme ma formation de Master.

Je remercie Monsieur **Bouzar Essaidi Khaled** qui m'a fourni le sujet de ce mémoire et m'a guidée de ses précieux conseils et suggestions, et la confiance qu'il m'a témoignée tout au long de travail.

A messieurs les membres du jury Je remercie :

Monsieur **BABA AISSA Nadhir** qui m'a fait l'honneur de bien vouloir accepter la présidence de ce mémoire, qu'il veuille bien trouver ici l'expression de ma déférence et de ma profonde gratitude.

Madame l'Examinatrice **Chebab.H** qu'il veuille trouver ici l'expression l'amabilité de vouloir bien faire partie du jury de mon mémoire.

Je remercie du fond de mon cœur, mes parents qui m'ont soutenue, en courage et motivée tout au long de mes études.

Enfin, je ne pourrais terminer ces remerciements sans une pensée à l'ensemble de mes enseignants qui sont à l'origine de tout mon savoir.

Dédicaces

Je dédie ce projet :

A ma chère mère, A mon cher père,

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mes frères, **Adnan, Bouchra, Zineb** Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A mon cher grand-père et grand-mère, Qui je souhaite une bonne santé. A mon cher binôme, **Ibrahim**, Pour son entente et sa sympathie et son courage , Pour leurs indéfectibles soutiens et leurs patiences infinies.

A mon cher, **Mr Bouzar Essaidi.K**, Qui m'a aidé et supporté dans les moments difficiles. Et Madame **KHELIFA Naziha** et **Mr ROUZI Khaled**.

A mes chères amies, **imad-eddine, alaa-eddine, wahid, fateh, abdelkader** qui son a l'étrange je vous souhaite que du bonne heure et la bonne santé, Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles. A tout ma famille A tous mes autres ami(e)s. A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

MEFTAHI BADR-EDDINE

Dédicaces

Je dédie ce projet :

A ma chère mère, A mon cher père,

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A mes frères, **Souad, Sara ,fatima-zahra et sid-Ahmed** Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A mon cher grand-père et grand-mère, Qui je souhaite une bonne santé. A mon cher binôme, **BADREDDINE** , Pour son entente et sa sympathie et son courage , Pour leurs indéfectibles soutiens et leurs patiences infinies.

A mon cher, **Mr BOUZAR ESSAIDI.K**, Qui m'a aidé et supporté dans les moments difficiles. Et **Mr.merouche** et **Mr BENMOUSSA KOUACHE**.

A mes chères amies, **alaa-eddine, imad-eddine, Mohamed Elarabi , Mouad, alla-eddine** et **abdelhak** qui son a l'étranger je vous souhaite que du bonheur et la bonne santé et a, **Asma , Rabiha, Wissal, Akram, Abdelmalek .MR CHAREF fethi**

Et Mr YAHIAOUI fateh et l'administration des forêts, Mr mahmoudi slimane Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles. A toute ma famille A tous mes autres ami(e)s. A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

SMAIL IBRAHIM

Résumé :

La processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) est un insecte des Lépidoptères (papillons) de la famille (*Notodontidae*) qui vivent en colonies connues pour leur mode de déplacement en file indienne, cet insecte est considéré comme le principal insecte ravageur des conifères du genre pinus et cedrus du bassin méditerranéen. Parmi les arbres hôtes les plus attaqués sont le pin d'Alep et le cèdre et il provoque des dégâts importants, occasionne une défoliation massive et un préjudice important, surtout aux arbres jeunes.

L'étude menée dans la pinède à Ghiless (commune de Arib) et la forêt de cèdres à El-Mroudj

(commune de Miliana) porte sur la répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin en fonction des facteurs exposition et leur niveau sur l'arbre, afin de caractériser la dynamique des infestations de la processionnaire du pin dans les deux massifs forestiers. Vingt-six (26) sorties sur le terrain ont été réalisées, 13 à la forêt de Ghiless et 13 à la forêt de El Mroudj pendant 3 mois de 15/01/2022 jusqu'à le 10/04/2022, sachant que pour chaque sortie, 30 arbres ont été inspectés, y compris l'exposition des nids et leurs emplacements par rapport à la hauteur des arbres, un total de 780 arbres ont été observés.

Concernant les résultats, 390 arbres de la forêt de Sidi-Ghiless ont été observés et nous avons constaté que la destination privilégiée des chenilles processionnaires du pin pour construire les nids d'hiver est le sud à 53%, avec un total de 254 nids par rapport aux autres orientations, le taux d'infestation varie respectivement de 48,5% à 11%. Quant à la cédraie d'El-Mroudj, ainsi 390 arbres ont été examinés, elles préfèrent également la direction du sud avec 42%, Les observations montrent que l'exposition sud reste la plus favorable à l'insecte ravageur avec un total de 732 nids, le taux d'infestation varie respectivement de 50,5% à 20%. La hauteur choisie par la chenille processionnaire du pin pour construire les nids, elle varie de 1m jusqu'à 5 mètres pour le pin d'Alep, quant aux cèdres, la hauteur varie entre 9 et 12 mètres.

Mots clé: Chenille processionnaire du pin, cèdre, pin d'Alep, Exposition, Hauteurs des arbres.

Abstract

The processionary pine (*Thaumetopoea Pityocampa*) is a lepidoptera insect (butterflies) The family (*Notodontidae*) who live in colonies known for their mode of displacement in Indian queues, This insect is considered the main devastating insect of conifers of the genus Pinus and Cedrus of Mediterranean Basin. Among the most attacked host trees are the pine of aleppo and cedar and it causes Significant damage, causes massive defoliation and significant damage, especially in the trees youth. the study carried out in the pine forest in Ghiless (commune of Arib) and the forest of cedars in El-Mroudj (Municipality of Miliana) relates to the distribution of winter nests from the processionary caterp function of exposure factors and their level on the tree, in order to characterize the dynamics of Infestations of the PIN processionary in the two forest massifs.

Twenty-six (26) field trips were carried out, 13 to Ghiless forest and 13 to El Mroudj forest for 3 months from 01/15/2022 until 04/10/2022, knowing that for each outing, 30 trees were inspected, including nest exposure and location relative to tree height, a total of 780 trees were observed. Regarding the results, 390 trees in the forest of Sidi-Ghiless were observed and we found that the preferred destination of pine processionary caterpillars to build winter nests is the Quant in the cedar forest of El- Mroudj, thus 390 trees were examined, the south at 53%, with a total of 254 nests compared to other orientations, the infestation rate varies from 48.5% to 11% respectively. also prefer the southern direction with 42%, the Observations show that exposure the southern exposure remains the more favorable to the insect pest with a total of 732 nests, the infestation rate varies respectively from 50.5% to 20%.

The height chosen by the pine processionary caterpillar to build the nests, it varies from 1m up to 5 meters for the Aleppo pine, as for the cedars, the height varies between 9 and 12 meters.

Keywords: Pine processionary caterpillar, cedar, Aleppo pine, Exposure, Tree heights

ملخص

دودة الصنوبر هي حشرة من عائلة الفراشات تعيش في مجموعات تعرف بطريقة تحركها التي تكون على شكل خط. وتعتبر الحشرة الأساسية في تدمير الصنوبريات و الأرز في ضفاف البحر الأبيض المتوسط

الأشجار المضيقة و الأكثر عرضة للإصابة هي أشجار الصنوبر الحلبي و الأرز و تقوم بأضرار كبيرة متمثلة في تساقط كلي للأوراق، خاصة الاشجار الصغير منها. حيث اهتمنا بدراسة انتشار أعشاش الدودة لغابة الصنوبر الحلبي بغيلاس (بلدية عريب) و غابة الارز بالمروج (بلدية مليانة) من اجل وصف تحركات و إصابات الدودة في كلتي الغابتين . قمنا بستة و عشرون (26) خرجة ميدانية منها 13 لغابة غيلاس و 13 لغابة المروج في مدة 03 اشهر من 01/15 / 2022 الى 2022/04/10 علما ان كل خرجة تم فيها معاينة 30 شجرة حيث تم حساب الأعشاش الموجودة في الاشجار و تحديد وجهتها مع حساب طول الاشجار و تحديد علو الاعشاش بالنسبة للأشجار ، بلغ مجموع الاشجار التي تم معاينتها 780 شجرة .

بالنسبة لنتائج تم معاينة 390 شجرة في غابة غيلاس فنتبين لنا أن الوجهة التي تحبها الاعشاش المتواجدة في غابة غيلاس هي الجنوب بنسبة 53% بإجمالي 254 عشا مقارنة مع الوجهات الأخرى حيث يتراوح معدل الإصابة بين 48.5% و 11% على التوالي .

اما بالنسبة لغابة المروج تم أيضا معاينة 390 شجرة و تبين لنا ان اعشاشها ايضا تفضل الوجهة الجنوبية بنسبة 42% بإجمالي 732 عشا يتراوح معدل الإصابة بين 50.5% و 20%. تظهر النتائج ان الوجهة الجنوبية تبقى المفضلة بالنسبة لكل من غابة الصنوبر الحلبي و الارز.

الارتفاع الذي تختاره دودة الصنوبر لبناء اعشاشها يتراوح بين 1 الى 5 متر بالنسبة للصنوبر الحلبي ، اما الارتفاع الذي تختاره في غابة الارز يتراوح بين 9 الى 12 متر.

الكلمات المفتاحية : الدودة الجرارة، الأرز، الصنوبر الحلبي، الموضع ، ارتفاع الشجار .

LISTE DES FIGURES:

Figure 1 : Aire de répartition de la processionnaire du pin (<i>Thaumetopoea pityocampa</i>) en relation avec leurs plantes hôtes sur l'ensemble des pays du pourtour méditerranéen.	7
Figure 2: Différence de taille des adultes (1 = femelle et 2 = mâle) (Démolin, 2007).	10
Figure 3: Accouplement des papillons de la processionnaire du pin (<i>Thaumetopoea pityocampa</i>) et femelle dépose ses œufs à la base des aiguilles (MARTIN J.C.2005).....	10
Figure 4: ponte de la processionnaire du pin (<i>Thaumetopoea pityocampa</i>), (a) ponte sur aiguille du pin d'Alep wilaya d'Ain-Defla (Chaabane et Benslimane, 2018); (b) ponte sur rameau du cèdre de l'Atlas Parc national de Theniet El-Had (Bouzemaren et Guennoun, 2019).	11
Figure 5: (a) Pontes avec jeunes chenilles L1, (b) Chenilles L1 issues d'une même ponte sur pin d'Alep (Bouzar-Essaidi khaled, 2017-forêts Tipaza)	12
Figure 6: Pré-nids des premiers stades larvaires de la processionnaire du pin (<i>Thaumetopoea pityocampa</i>) sur pin d'Alep (Bouzar-Essaidi Khaled, 2017- forêt de Tipaza).....	12
Figure 7: Les différents stades larvaires de la processionnaire du pin (<i>Thaumetopoea pityocampa</i>) (Photo Démolin; 2007)	13
Figure 8:(a) Structure du nid d'hiver sur pin d'Alep, forêt de Ghilas Arib. (Originale, 2022).(b) Structure du nid d'hiver sur le cèdre de l'Atlas forêt d'El-Meroudj Miliana (Originale 2022).	14
Figure 9 : Fin de la procession et début d'enfouissement (Bouzar-Essaidi khaled, 2018-forêt de Tipaza).	15
Figure 10: Début d'enfouissement des chenilles (Bouzar-Essaidi Khaled, 2018- forêt de Tipaza).....	16
Figure 11: Chrysalides (a)femelle (à droite)et (b)mâle (à gauche) extraites de leur cocon(Bouzar-Essaidi Khaled 2018, Tipaza)	16
Figure 12: Cycle de la processionnaire du pin (<i>Thaumetopoea pityocampa</i>).....	17
Figure 13: Défoliation du pin d'Alep forêt de Sidi-Ghilas Arib. (Originale, 2022).	18
Figure 14: Défoliation totale d'un pin d'Alep par la chenille processionnaire du pin dans la forêt de Sidi-Ghilas Arib (Originale, 2022).....	18
Figure 15: Pin D'Alep (<i>Pinus Halpenesis.Mill</i>) (Original, 2022)	26
Figure 16: Aire de répartition du Pin D'Alep (<i>Pinus Halpenesis.Mill</i>). ..	26
Figure 17: La distribution de Pin D'Alep (<i>Pinus Halpenesis.Mill</i>) dans l'Algérie.	28

Figure 18: peuplement de Cèdre de l'atlas(<i>Cedrus atlantica Manetti</i>)de l'ElMeroudj FD Zaccar (original, 2022).....	32
Figure 19: la répartition de Cèdre de l'atlas(<i>Cedrus atlantica Manetti</i>)dans le monde (M'HIRIT, 1982)	32
Figure 20: la répartition de Cèdre de l'atlas(<i>Cedrus atlantica Manetti</i>)en Algérie (Roche ,2006)	33
Figure 21: Situation géographique de la wilaya d'Ain-Defla (Google Earth; 2022). ..	37
Figure 22: forêt de Sidi-Ghilass, Arib (Originale, 2022).....	38
Figure 23: Situation géographique commune de arib (Google Earth,; 2022).	39
Figure 24: forêt d'EL Meroudj, Miliana (Originale; 2022).	40
Figure 25: Situation géographique commune de miliana (Google, Earth 2022).....	40
Figure 26 : Chenille processionnaire stade Larvaire 4 (originale, 2022)	42
Figure 27 : Nids d'hiver au Pins d'Alep (Originale, 2022).	43
Figure 28: Comparaison d'abondance des nids d'hiver dans les deux stations par ANOVA	45
Figure 29 : Pourcentage de nid d'hiver par rapport à l'exposition, station El Meroudj (Ain-ennsour) et station S. Ghiles (Arib).	47
Figure 30 : Histogramme du nombre de nids d'hiver selon l'exposition des deux stations forêt du Pin d'Alep et forêt du Cèdre de l'Atlas.....	48
Figure 31 : Nombre d'arbres infestés par la processionnaire du pin en fonction de leur expositiondans la zone de cédraie El-Mroudj (Ain-ennsour).....	52
Figure 32: Nombre d'arbres infestés par la processionnaire du pin en fonction de leur expositiondans la zone de pinèdes Sidi-Ghiles (Arib)	53

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1: Durée moyenne des différents stades larvaires : Démolin 1969b Sara	13
Tableau 2: Les ennemis naturels de la processionnaire du pin :.....	22
Tableau 3: superficie des forets de <i>cedrusatlantica</i> dans le Maghreb. (M'HIRIT, 1994a in TALEB 2011 ; QUEZEL et MEDAIL 2003).....	33
Tableau 4: Abondance des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin « <i>T. Pityocampa</i> » dans les deux stations d'études : El-Mroudj et Sidi-Ghiles :.....	45
Tableau 5: Répartition des nids d'hiver selon leur exposition de la station d'étude d'El-Mroudj :.....	47
Tableau 6: Répartition des nids d'hiver en fonctions de l'exposition de la station d'étude Sidi Ghiles :.....	47
Tableau 7: ANOVA de la comparaison des moyennes des nids d'hiver de la processionnaire du pin de la station étudiée El-Mroudj (forêt de cèdre) :.....	49
Tableau 8: Analyse descriptive des nids d'hiver observés au niveau des cédraies Ain-ennsour (El-Mroudj) commune Miliana :	50
Tableau 9: ANOVA de la comparaison des moyennes des nids d'hiver de la processionnaire du pin de la station étudiée Sidi-Ghiles (forêt de Pin d'Alep) :.....	50
Tableau 10: Analyse descriptive des nids d'hiver observés au niveau des pinèdes de Sidi Ghiles commune Arib :.....	51
Tableau 11: Taux d'infestation parla processionnaire du pin etpar exposition	52
Tableau 12: Taux d'infestation parla processionnaire du pin etpar exposition	53
Tableau 13: ANOVA des hauteurs des nids d'hiver (forêt de cèdre) :.....	55
Tableau 14: Test de comparaisons par paires LSD de Total des nids pour les classes Hauteurs (cèdre) :.....	55
Tableau 15 ANOVA des hauteurs des nids d'hiver (forêt de pin d'Alep):	55
Tableau 16: Test de comparaisons par paires LSD de Total des nids pour les classes Hauteurs (pin d'Alep) :	56

SOMMAIRES

INTRODUCTION::.....	2
CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PROCESSIONNAIRE DU PIN : <i>THAUMETOPOEA PITYOCAMPA</i> Schiff.....	5
1.1. Réflexion sur la chenille processionnaire du genre <i>Thaumetopoea</i>	5
1.2. Position Systématique :.....	6
1.3. Aire de répartition de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> :.....	7
1.4. Plantes hôtes:	8
1.5. Cycle biologique de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> :	8
1.5.1. Phase épigée :	9
1.5.2. Phase hypogée :.....	15
1.6. Dégâts causés par la processionnaire de pin :	17
1.6.1. Dommages sylvicoles :	17
1.6.2. Risques pour la santé humaine et animale :.....	18
1.7. Influence des facteurs climatiques sur le développement de la processionnaire du pin	19
1.8. Influence des changements climatiques sur l'extension de la processionnaire <i>Thaumetopoea pityocampa</i> :	20
1.9. Influence des facteurs biotiques sur la chenille moi.....	22
1.9.1. Ennemis naturels :	22
Chapitre 02 : synthèse bibliographique sur les plantes hôtes	25
2.1. Le pin d'Alep(<i>Pinus Halepensis</i> Mill.).....	25
2.1.1. Origine :	25
2.1.2. Systématique :	25
2.1.3 Répartition géographique du pin d'Alep.....	26
2.1.4 Caractères botaniques et dendrologiques.....	28
2.1.5 Exigences écologiques du pin d'Alep.....	29
2.1.6. Importance économique du pin d'Alep.....	30
2.1.7. Le relief	30
2.2 Cèdre de l'atlas(<i>Cedrus atlantica Manetti</i>)	30
2.2.1 Origine :	30
2.2.2. Systématiques :.....	31
Figure 18: peuplement de Cèdre de l'atlas(<i>Cedrus atlantica Manetti</i>)de l'ElMeroudj FD Zaccar (original, 2022).....	32

2.2.3 Répartition géographique du cèdre d'atlas :	32
Figure 19: la répartition de Cèdre de l'atlas (<i>Cedrus atlantica Manetti</i>) dans le monde (M'HIRIT, 1982)	32
Figure 20: la répartition de Cèdre de l'atlas (<i>Cedrus atlantica Manetti</i>) en Algérie (Roche, 2006)	33
2.2.4 Exigences écologiques du Cèdre de l'atlas :	34
2.2.5 Importance économique du Cèdre de l'atlas :	34
2.2.6 L'accroissement du Cèdre de l'atlas	35
CHAPITRE 03 : MATERIEL ET METHODES	37
3.1. Présentation de la zone d'étude :	37
3.1.1. Situation géographique de La wilaya d'Ain Defla :	37
3.1.2. Localisation géographique du Sidi-Ghiles Commune Arib :	38
3.1.3. Diversité floristique de la forêt de Sidi Ghiles (Arib) :	39
3.1.4. Diversité faunistique de la forêt de Sidi Ghiles :	39
3.2. Localisation géographique d'El-Meroudj Commune Miliana :	40
3.1.6. Diversité floristique de la forêt d'Ain-Ennsour (Miliana) :	41
3.1.7. Diversité faunistique de la forêt d'Ain-Ennsour (Miliana) :	41
3.3. Objectif du travail:	42
3.4. Dénombrement des nids d'hiver de la processionnaire du pin :	43
3.5. Méthodes d'analyse statistique:	43
3.5.1. Analyse de la variance (ANOVA):	43
3.5.2. Analyse descriptive:	43
4.1. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver des stations Sidi Ghiles et El-Mroudj :	45
4.1.1. Analyse descriptive des résultats obtenus :	45
4.2. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver (variable étudiée exposition des nids) :	46
4.3. Analyse des nids d'hiver en fonction de leur exposition :	48
4.3.1. Forêt de cèdre zone Ain-ennsour (El-Mroudj) commune Miliana :	48
4.3.2. Forêt de Pin d'Alep zone Sidi-Ghiles commune Arib :	50
4.4. Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire par exposition :	52
4.4.1. Forêt de cèdre El-Mroudj (Ain-Ennsour) :	52
4.4.2. Forêt de Pin d'Alep Sidi-Ghiles:	53
4.5. Répartition des nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre :	55
5.5.1. Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre :	55

CHAPITRE 05 : DISCUSSION.....	59
CONCLUSION.....	64
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES	67

Introduction

INTRODUCTION

INTRODUCTION::

La forêt méditerranéenne est l'une des plus importantes au monde, elle occupe environ 65 millions d'hectares de forêts boisées et 19 millions de sous-forêts (**Seigue, 1985**), sa délimitation est basée sur des critères bioclimatiques et phytogéographiques (**Ramade, 1997**). Elle se caractérise par l'hétérogénéité des milieux, favorisant ainsi la formation d'une grande variété des populations végétales et animales (**Quézel et al., 1999**), d'où une biodiversité exceptionnelle pour chaque type de climat (**Quézel et Médail, 2003**). En région méditerranéenne, le pin d'Alep (***Pinus halepensis* Mill.**) recouvre 3.5 millions d'hectares et présente une répartition géographique principalement centrée en Méditerranée occidentale (Algérie, Tunisie, Espagne, Italie) (**Quézel, P., et Médail, F. 2003**).

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* manetti) espèce essentiellement montagnarde, occupe des zones de taille inégale comprend l'Atlas marocain et l'Atlas algérien avec une superficie de 170 000 ha (**M'hirit. O, 1999**). Parmi les forêts algériennes, celles de pin d'Alep et de cèdre présentent un grand intérêt économique, écologique et naturel. Le pin d'Alep occupe plus de 881 000 hectares (Anonyme.01). Cette espèce, présente à tous les étages bioclimatiques, du littoral à l'Atlas saharien, trouve son optimum de croissance principalement dans les zones semi-arides. Sa grande plasticité et son tempérament robuste en ont fait une espèce pionnière du reboisement à grande échelle (**Mezali, M. 2003**). Le cèdre occupe une surface d'environ 30 000 ha répartie sur deux ensembles naturels, d'écologie sensiblement différente : les populations de Cèdre de l'Atlas tellien (conditions mésophiles) et les populations de l'Atlas saharien (conditions relativement xérophiles) (**Nedjahi. A, 1987**). Comme toute forêt du bassin méditerranéen, celles du pin d'Alep et du cèdre sont soumises depuis des siècles à une pression humaine intense (défrichements, coupes illégales, feux, pâturages) provoquant ainsi la déforestation et la régression du couvert végétal (**Nahal, 1962 et Quezel, 1986**). A cela s'ajoutent divers problèmes de santé d'origine abiotique ou biotique. Les forêts de pin d'Alep et de cèdre en Algérie sont menacées par de nombreux facteurs naturels et humains. La préservation du patrimoine forestier contre les insectes nuisibles, notamment les attaques parasitaires, constitue une menace majeure pour les peuplements forestiers, causant parfois des dégâts impressionnants en l'absence de traitement adéquat (**BouzarEssaidi. K, 2021**).

Parmi les parasites menaçant les forêts Algériennes, la chenille processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff (Lepidoptera; Thaumetopoeidae, demeure le parasite le

INTRODUCTION

plus dévastateur touchant les peuplements résineux du genre *Pinus* et *Cedrus* également dans tout le bassin méditerranéen (**Schmidt G.H. et Douma P.E., 1989; Battisti A., et al, 1998 ; Battisti A., et al. 2000 ; Demolin, G. 1969a.**). Ses pullulations sont temporaires avec des défoliations non négligeables dans les forêts naturelles, mais les plus sévères sont observées dans les reboisements (**Anonyme, 02. 2008 ;Zamoum M., 1998 ;Chakali G. 1992.**).

Plusieurs études ont montré qu'un certain nombre de facteurs, comme le réchauffement climatique, agissent sur la densité et l'exposition de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff tout au long de son cycle de vie et qui dominant largement en automne et en hiver (**Lindner et al, 2008**). Selon (**Battisti et al, 2006**), un changement rapide et récent dans la distribution du *Thaumetopoea Pityocampa* à des altitudes plus élevées. Les chenilles sont capables de s'adapter afin de compenser d'éventuelles variations climatiques, comme l'illustrent la construction et l'orientation du nid d'hiver, permettant de combiner effet de masse (atténuation des fortes variations de température par regroupement de nombreux individus) et insolation maximale (**Hoch et al, 2009**).

Notre étude est basée sur le comptage des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin par arbre et leur exposition sur le pin d'Alep dans la forêt de Ghi las commune ElAmra et sur le cèdre de l'Atlas dans la forêt d'El-Mroudj commune Miliana. L'objectif de ce travail est d'une part de recueillir un maximum d'informations sur la dynamique des infestations de la processionnaire du pin et d'autre part de tirer des informations sur la répartition des nids de la processionnaire du pin dans les pinèdes et les cèdres de la région d'Ain-defla, afin de développer des méthodes d'intervention permettant de réduire la fréquence des pullulations de cet insecte ravageur.

La première partie de ce travail est consacrée à une synthèse de la réflexion sur la processionnaire du pin. La deuxième partie une étude bibliographique sur la plante hôte, dans la troisième partie présentation des deux zones prospectées et traitement des données relatives au nombre de nids et à leur exposition par rapport à l'arbre des pinèdes et des cédraies et quant au quatrième chapitre, il porte sur les résultats et la discussion et enfin une conclusion.

CHAPITRE 01

SYNTHESE

BIBLIOGRAPHIQUE SUR

LA PROCESSIONNAIRE

DU PIN *THAUMETOPOEA*

***PITYOCAMPA* Schiff.**

**CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA
PROCESSIONNAIRE DU PIN : *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA*
Schiff.**

1.1. Réflexion sur la chenille processionnaire du genre *Thaumetopoea*

Les chenilles processionnaires appartiennent à la famille des Thaumetopoeidae qui comprend un seul genre *Thaumetopoea* avec neuf (09) espèces (**Agenjo, 1941**), qui vivent dans la région méditerranéenne, *T. pityocampa* (Schiff), *T. wilkinsoni* (Tams), *T. processionea* (Linneo), *T. pinivora* (Treitschke), *T. bonjeani* (Powell) a été découverte dans les cédraines de haute altitude au Maroc (**Agenjo, 1941**), *T. solitaria* (Freyer), *T. herculeana* (Rambur), *T. jordana* (Staudinger) et *T. cheela* (Moore) qui est décrite en Inde. (**sebti.2011**)

Parmi ces processionnaires, cinq espèces sont citées actuellement dans la littérature comme pouvant s'attaquer aux cèdres. Deux d'entre elles, *T. bonjeani* Powell et *T. solitaria* Freyer appartiennent aux processionnaires d'été, elles effectuent leur développement larvaire durant le printemps jusqu'au début de l'été. Les deux autres, *T. pityocampa* Schiff et *T. wilkinsoni* Tams qui s'attaquent aux genres *Pinus* et *Cedrus*, appartiennent aux processionnaires d'hiver, effectuent leur développement de la fin de l'été jusqu'au printemps suivant (**sebti.2011**).

Les espèces de processionnaires inféodées aux résineux de la région méditerranéenne présentent une grande similitude dans les caractères morphologique, alimentaire et comportementaux, de nombreux chercheurs (**Démolin et al., 1994**) soulignent la confusion taxonomique entre les différentes races géographiques. Les espèces appartenant au genre *Thaumetopoea* partagent stratégiquement une grande partie du cortège des ennemis naturels. La similitude des phéromones sexuelles et la possibilité d'interfécondité ont prêté à une confusion entre *T. pityocampa* et *T. wilkinsoni* (**Démolin et al., 1994**). Une autre confusion a longtemps existé en Algérie et au Maroc entre *T. pityocampa* et *T. bonjeani* du fait qu'elles peuvent vivre en sympatrie sur le cèdre de l'Atlas (**Démolin et al., 1994**).

En Algérie, il n'est fait mention jusqu'à 1982 que d'une espèce: *Thaumetopoea pityocampa*. En Juin 1982, une nouvelle chenille processionnaire commettant des dégâts impressionnants a été signalée dans la cédraie de haute altitude de Belezma (massif des Aurès). La soudaineté de l'agradation a surpris, les dégâts ont abouti

CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PROCESSIONNAIRE DU PIN : *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* Schiff.

parfois à la défoliation complète de cèdres centenaires. Des travaux de recherche ont alors commencé sur cet insecte nouveau en Algérie ; *Thaumetopoea bonjeani*. (**Gachi.M et al.1986**)

1.2. Position Systématique :

La Processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) est : une espèce de lépidoptères (papillons) de la famille des *Thaumetopoeidae*, surtout connue pour ses chenilles. Nommées d'après leur mode de déplacement en file indienne, celles-ci se nourrissent des aiguilles de diverses espèces de pins et de cèdres, provoquant un affaiblissement important des arbres et des allergies chez certaines personnes et aux animaux exposés aux soies des chenilles. (**Jacquet, J. S., Orazio, C., & Jactel, H. (2012)**). Defoliation by processionary moth significantly reduces tree growth: a quantitative review. (*Annals of forest science*, 69(8), 857-866)

La processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa*, est l'un des plus grands ravageurs forestiers notamment les forêts de Pin et de cèdre. Elle a été signalée et décrite pour la première fois par DENIS & SHIFFERMULLER en 1775 dans le genre *Bombyx*. En 1819, HUBNER créa le genre *Thaumetopoea* pour toutes les espèces incluses aujourd'hui dans la famille des *Thaumetopoeidae* (**Dajoz, 2007**). En latin, *pityocampa* signifie « chenille du pin » (*campa* = chenille, *pityo* = pin) et *Thaumetopoea* signifie « qui vénère la verdure » (*thaumeto* = vénérer, *poea* = herbe) (**Rivière J., 2011**).

Règne	<i>Animalia.</i>
Embranchement	<i>Arthropoda</i>
Classe	<i>Insecta.</i>
Super-ordre	<i>Endopterygota.</i>
Ordre	<i>Lepidoptera</i>
Famille	<i>Notodontidae.</i>
Sous-famille	<i>Thaumetopoeinae.</i>
Genre	<i>Thaumetopoea.</i>

Nom binominal: *Thaumetopoea pityocampa*. (**Denis & Schiffer Müller; 1775**).

Noms communs : *Processionnaire du pin* (français)

Pine processionary (anglais).

1.3. Aire de répartition de *Thaumetopoea pityocampa* :

La répartition géographique de la chenille processionnaire du pin (figure 1) dépend de plusieurs facteurs écologiques, tels que l'ensoleillement, la photopériode, la température, l'altitude et la latitude. Sous l'effet du réchauffement climatique, l'expansion de la chenille processionnaire du pin en Europe a remarquablement progressé en 2003, pour atteindre les Alpes italiennes (**Battisti et al., 2005**). La processionnaire du pin fait partie d'un complexe d'espèces réparti sur l'ensemble du bassin méditerranéen jusqu'en façade atlantique. Depuis quelques années, cette espèce fait l'objet de plusieurs recherches fondamentales en écologie, et en génétique des populations (**SEBTI, 2011**)

Son aire s'étend de l'Europe centrale et méridionale jusqu'en Afrique du Nord et au Proche-Orient. Elle est présente dans l'ensemble du bassin méditerranéen, et s'observe dans les forêts résineuses de pin et de cèdre. Elle atteint, en France, la limite Nord de son aire d'extension et 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, 2002**).

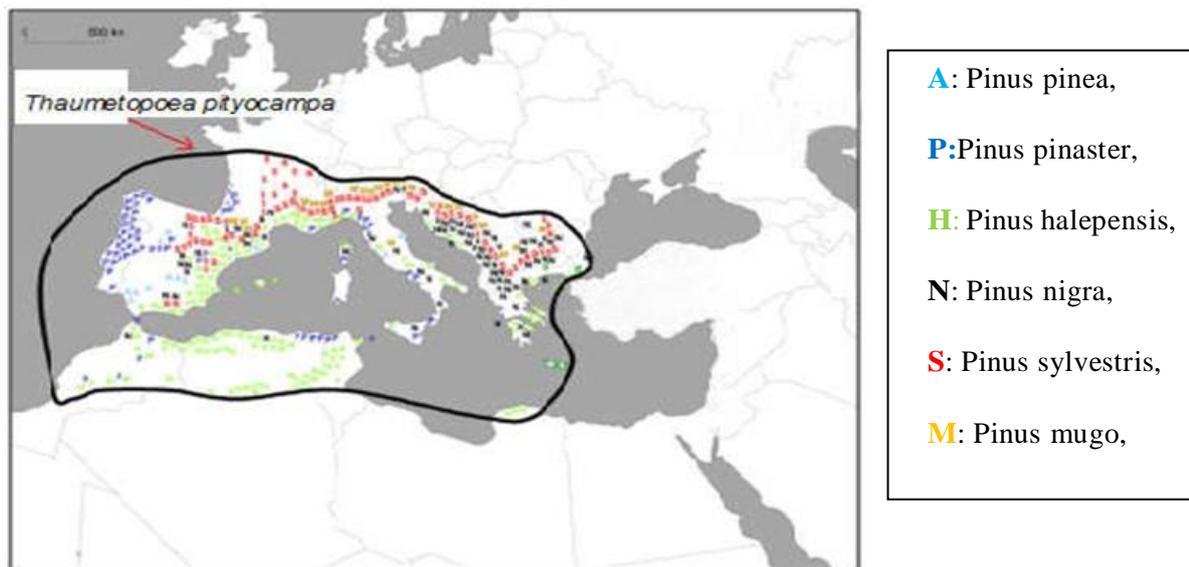


Figure 1 : Aire de répartition de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) en relation avec leurs plantes hôtes sur l'ensemble des pays du pourtour méditerranéen.

CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PROCESSIONNAIRE DU PIN : *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* Schiff.

1.4. Plantes hôtes:

la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) est un insecte phytophage, elle se nourrit des aiguilles de pins et de cèdres. Ses plantes hôtes préférées sont :

- Le pin noir (*Pinus nigra*)
- Le pin Laricio de Corse,
- Le pin maritime (*Pinus pinaste*),
- Le pin sylvestre (*Pinus sylvestris*),
- Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*),
- Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*),
- Le cèdre du Liban (*Cedrus libani*),
- Le douglas (*Pseudotsugamenziesii*) et
- Lesapin (*Abies concolor*)

C'est la femelle, lors de la ponte, qui réalise cette distinction entre les diverses espèces d'arbres. Le diamètre est le critère principal : le diamètre idéal est de 1,5 à 2 mm **DEMOLIN**, note que cet ordre s'explique par le fait que le premier critère de ponte de la femelle est le diamètre des aiguilles.

1.5. Cycle biologique de *Thaumetopoea pityocampa* :

Thaumetopoea pityocampa est une espèce monovoltine, le cycle biologique est généralement annuel mais parfois il peut s'étendre sur deux ans ou plus (cycles pluriannuels) selon les conditions environnementales et en rapport avec l'altitude donc suivant l'intensité de la diapause et selon les conditions écologiques du milieu (**Pimentel, 2004**). Sarrail comprend deux phases : l'une aérienne sur l'arbre (évolution larvaire), l'autre souterraine (prénymphose et nymphose) voir **SEBTI HUCHON H., DEMOLIN G., 1970**).

En général, en fonction d'un biotope donné, le cycle biologique de cet insecte ravageur se présente de la manière suivante : les papillons émergent durant l'été et les chenilles issues des pontes se développent durant la période allant du début de l'automne jusqu'au début du printemps, selon cinq stades larvaires. Le cycle larvaire se termine par les processions de nymphose et la transformation des chenilles en chrysalide sous terre. Les

CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PROCESSIONNAIRE DU PIN : *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* Schiff.

chrysalides dans le sol sont en mesure de rester en diapause une ou plusieurs années (**ZAMOUM M. et DEMOLIN G.2005**).

1.5.1. Phase épigée :

La durée de l'écophase aérienne varie de cinq à huit mois et se déroule en plusieurs étapes, De l'émergence des papillons jusqu'à la fin de l'évolution larvaire (**Rivière, 2011**). Ainsi, les cinq stades larvaires peuvent être reconnus par la taille et la couleur des chenilles. Dès le troisième stade, elles sont munies d'un système de défense rempli de poils microscopiques urticants qui sont transportés par le vent.

1.5.1.1. Emergences des adultes et accouplement :

Les dates d'émergence qui caractérisent le début du cycle varient en fonction de l'altitude, l'altitude et des conditions climatiques. La sortie des adultes a lieu au cours des mois de juillet et d'août, au coucher du soleil. L'heure exacte varie en fonction de la pression atmosphérique journalière. Les mâles émergent avant les femelles. Les imagos sortent du cocon grâce à la présence de crêtes sclérifiées (canthus) situées sur leurs têtes qui permettent de trouer l'enveloppe de la chrysalide (**DÉMOLIN G., 1969b**).

Les deux sexes se ressemblent morphologiquement. L'envergure alaire des femelles est de 36 à 49 mm, celle des mâles est de 31 à 39 mm. Les antennes sont filiformes chez la femelle et pectinée chez le mâle. Les deux sexes ont un thorax poilu. L'abdomen des mâles est velu pointu. Les ailes antérieures sont gris-cendré et les ailes postérieures sont blanches, à franges grises, avec une tache noire caractéristique au niveau de la régionale. Les mâles se distinguent des femelles par leur taille petite. Les papillons sont nocturnes et éphémère, ils ont une durée de vie limitée de 24 à 48 heures (**Figure.02**). Dès leur sortie, les adultes recherchent un lieu surélevé pour déployer leurs ailes pendant quelques minutes. Les adultes femelles peuvent parcourir environ 3 à 5 kilomètres et les mâles une distance plus conséquente de 30 à 50 kilomètres (**Battistiet al.,2005**). À la tombée de la nuit, l'activité des papillons commence. Les femelles cherchent une zone de repos, quelques heures après, elles se placent dans une position en émettant une phéromone spécifique appelée la pistoleur (**Bonnet et al., 2008**). Les papillons mâles attirés par la phéromone sexuelle s'envolent à la recherche des femelles. Après l'accouplement qui dure environ une heure, les deux papillons se séparent. Les mâles meurent un à deux jours plus tard.

CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PROCESSIONNAIRE
DU PIN : *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* Schiff.

Les femelles fécondées s'envolent et choisissent un arbre pour pondre pendant une durée de trois ou quatre heures (Sebti.2011)



Figure 2: Différence de taille des adultes (1 = femelle et 2 = mâle) (Démolin, 2007)

1.5.1.2. Les pontes :

Après l'accouplement (fig.3), la femelle rassemble deux ou plusieurs aiguilles de pin à l'extrémité d'un rameau pour déposer ses œufs en une seule fois sous forme d'un manchon typiquement cylindriques de 1 à 6 centimètres de longueur ou en plaque sur la partie basse de petits rameaux de cèdre (fig.4). En l'absence de site favorable, elle pourra parcourir plusieurs kilomètres en volant à une vitesse de l'ordre de 10 à 15 Km/h pour conquérir d'autres territoires (Sebti.2011) La femelle peut en effet parcourir des distances de plusieurs kilomètres, ce qui facilite l'extension rapide du foyer d'infestation (Sebti.2011)



Figure 3: Accouplement des papillons de la processionnaires du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) et femelle dépose ses œufs à la base des aiguilles (MARTIN J.C.2005)

CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PROCESSIONNAIRE DU PIN : *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* Schiff.

Selon (**DÉMOLIN.G. 1969**) le premier critère de ponte de la femelle est le diamètre des aiguilles.

Au cours de la ponte, la femelle recouvre ses œufs par des écailles protectrices de couleur beige-clair qui proviennent de l'extrémité de l'abdomen de la femelle. Les œufs pondus par la femelle varient de 70 à 300 œufs par femelle et effectuent une embryogenèse de 30 à 45 jours (**Demolin,1969a**). Les œufs ont un diamètre d'environ 1 mm et ils ont une forme sphérique de couleur gris clair-blanc. L'oviposition de la processionnaire du pin commence de la base vers l'extrémité des aiguilles de pin (**Démolin,1969a**).

(**Zhang et al.2003**) souligne que les terpènes jouent un rôle important dans la sélection de l'hôte par les femelles par ses antennes qui répondent fortement à quatre monoterpènes : le myrcène, le β -phellandrène, le trans- β -ocimène et le terpinolène.

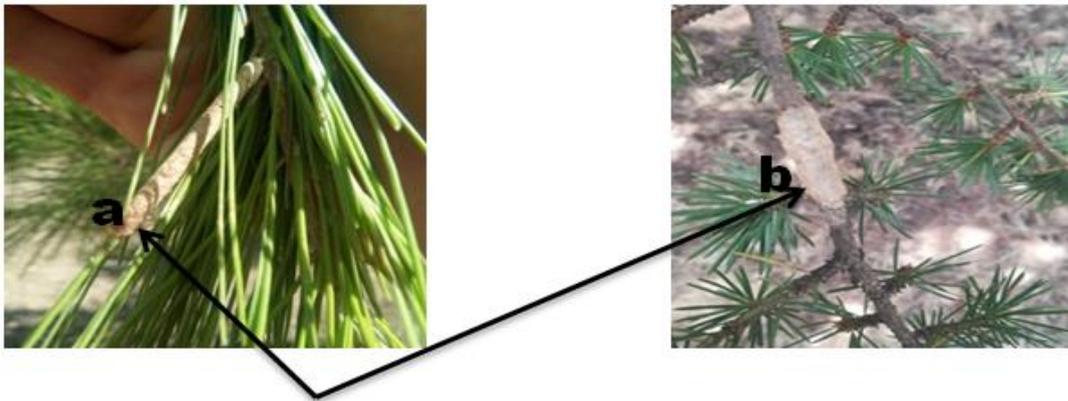


Figure 4: ponte de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*), (a) ponte sur aiguille du pin d'Alep wilaya d'Ain-Defla (Chaabane et Benslimane, 2018); (b) ponte sur rameau du cèdre de l'Atlas Parc national de Theniet El-Had (Bouzemaren et Guennoun, 2019).

1.5.1.3. Éclosion et développement larvaire :

L'éclosion des œufs s'effectue 30 à 40 jours après la ponte qui s'étend de la fin juillet à la fin septembre. Le cycle d'évolution larvaire s'effectue en cinq stades (**Démoli, 1969a**). A ce stade, on distingue deux périodes sont marquées : une période ambulatoire allant de l'éclosion aux premiers froids, et une période du nid d'hiver durant laquelle les chenilles restent à un emplacement jusqu'au dernier stade larvaire et le départ en procession de nymphose à la recherche d'un site favorable à leur enfouissement (**Démoli, 1971**) Sara. Après éclosion, les chenilles d'une même colonie restent groupées tout au long de leur évolution. Cette grégarité est essentielle à leur survie. La durée des stades larvaires dépend

CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PROCESSIONNAIRE
DU PIN : *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* Schiff.

du climat. Plus l'hiver est long, plus la vitesse d'évolution est réduite, principalement au quatrième stade (**DÉMOLIN G.,1971**).

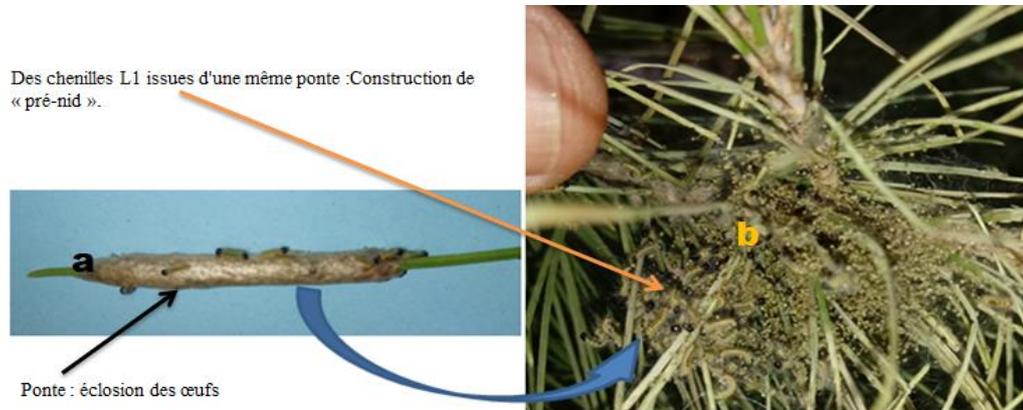


Figure 5: (a) Pontes avec jeunes chenilles L1, (b) Chenilles L1 issues d'une même ponte
Sur pin d'Alep (Bouzar-Essaidi khaled, 2017-forêts Tipaza)

Le développement larvaire comporte cinq stades, entre lesquels les chenilles muent et construisent des « pré-nids » composés d'un léger réseau de soie. A chaque stade larvaire, les chenilles entrent dans une période de mue où elles cessent de s'alimenter. Trois critères permettent de déterminer à quel stade appartient une chenille : la quantité et la longueur des soies, la taille de la chenille, sa couleur et le volume de sa capsule céphalique.



Figure 6: Pré-nids des premiers stades larvaires de la processionnaires du pin
(*Thaumetopoea pityocampa*) sur pin d'Alep (Bouzar-Essaidi Khaled, 2017- forêt de
Tipaza).

Au premier stade (L1) les chenilles mesurent 2 à 3 millimètres et sont de couleur jaune verdâtre. Leurs soies dorsales sont noires, tandis que leurs soies latérales sont blanches et plus longues. Leur capsule céphalique, noire, est déjà volumineuse et leur permet dès ce stade de s'attaquer à une nourriture solide et résistante. Les chenilles deviennent rousses au deuxième stade larvaire (stade L2). Le nombre de soies latérales augmente

CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PROCESSIONNAIRE
DU PIN : *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* Schiff.

significativement. Ce phénomène s'amplifie encore au troisième stade larvaire (L3) et s'accompagne de l'apparition de poils urticants, localisés à la face dorsale de certains segments abdominaux. L'appareil urticant continue à se développer au cours des deux stades suivants. Au dernier stade (cinquième) L5, les chenilles processionnaires du pin ont des longueurs variant entre 4,4 et 4,9 mm

Les différents stades larvaires ont des durées variables, qui dépendent principalement de la température et de l'ensoleillement (tableau 1).

Mouvements des colonies	Stades larvaires	Durée des stades (en jours)		
Pré-nids	L1	8-12		
Déplacement régulier des colonies	L2	12-18		
	L3	30-60		
Nid d'hiver, emplacement définitive.	L4	Hiver doux	Tempéré	Froid
		30	60	90
	L5	30	60	90

Tableau 1: Durée moyenne des différents stades larvaires : Démolin 1969b Sara

Pour faire face aux températures hivernales, les chenilles, généralement au stade L4, construisent un « nid d'hiver » à l'extrémité des branches les plus hautes et les plus ensoleillées (figure 6). Ce nid est constitué de deux enveloppes de soies superposées (une interne de forte épaisseur et une externe constituée d'un tissage très lâche). Il est constitué de petites loges et ne comporte pas d'orifice de sortie, les chenilles pouvant passer à travers les mailles.



Figure 7: Les différents stades larvaires de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) (Photo Démolin; 2007)

CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PROCESSIONNAIRE
DU PIN : *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* Schiff.

1.5.1.4. Construction du nid d'hiver

Dès l'arrivée des premières vagues de froid en automne, les chenilles tissent aux extrémités des branches exposées au soleil, une volumineuse bourse de soie appelée le nid d'hiver (Sebti, 2011). Ce nid est plus ou moins piriforme, de 10 à 15 cm de diamètre, s'étendant jusqu'à 30 cm vers le bas.



Figure 8:(a) Structure du nid d'hiver sur pin d'Alep, forêt de Ghilas Arib. (Originale, 2022).(b) Structure du nid d'hiver sur le cèdre de l'Atlas forêt d'El-Meroudj Miliana (Originale 2022).

La qualité de la structure des nids d'hiver représente un des facteurs essentiels de survie pour les colonies de chenilles car elle permet, en plus de l'effet de masse, une compensation thermique au cours de la saison hivernale. Il peut y faire jusqu'à 20°C de plus qu'à l'extérieur (**Figure 8**).

Le nid d'hiver comprend deux enveloppes superposées, une interne d'épaisseur importante et une externe plus lâche, qui a un rôle de superstructure, sans aucun orifice de sortie. Les chenilles se faufilent à travers les mailles du tissage pour entrer ou sortir. Elles ne sortent que la nuit pour s'alimenter en se déplaçant en procession suivant un fil de soie et réintègrent les bourses pendant la journée. Les crottes s'accumulent à la partie inférieure. De plus, le nid est en mesure de jouer un rôle d'abri et de protection pour les chenilles contre l'action des différents ennemis naturels dont les parasitoïdes et autres

1.5.1.5 La procession de nymphe :

Les processions de nymphe (**figure 9**) sont la manifestation la plus spectaculaire du caractère social des chenilles. Elles ont lieu à la fin du cinquième stade larvaire (L₅), le plus souvent dès la mi-février jusqu'au mois d'avril, suivant la rigueur de l'hiver et de l'étage

CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PROCESSIONNAIRE DU PIN : *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* Schiff.

bioclimatique Les processions peuvent se déplacer jusqu'à 40 mètres (sebti.2011) La colonie se dirige vers une zone éclairée est guidée par une chenille qui est le plus souvent une femelle, et lorsqu'elle atteint un endroit où le sol est à la fois ensoleillé et meuble, la procession cesse et l'ensemble des chenilles se rassemblent et s'enfouissent à une profondeur variant de 5 à 20 cm (figure 9). L'enfouissement, n'est pas toujours définitif, si les conditions d'espace et de température ne sont pas réunies, les chenilles peuvent ressortir pour chercher un endroit plus adapté. (sebti.2011).



Figure 9 : Fin de la procession et début d'enfouissement (Bouzar-Essaidi khaled, 2018- forêt de Tipaza).

1.5.2. Phase hypogée :

1.5.2.1. La nymphose :

La phase souterraine est de durée très variable. Une quinzaine de jours après l'enfouissement de la colonie sous terre, qui a lieu de mars à juillet selon les conditions climatiques (figure 10), les chenilles tissent des cocons individuels, dans lesquels elles se transforment en chrysalides : c'est la nymphose (Bonnet et al., 2008). Sara. La chrysalide sera complètement formée quelques jours plus tard et subira une diapause obligatoire, (RIVIERE J, 2011). Certaines nymphes et parfois même la totalité des nymphes peuvent ne pas se transformer en adultes l'année de la nymphose, la nymphose se prolongeant alors jusqu'à l'année suivante et parfois au-delà.



Figure 10: Début d'enfouissement des chenilles (Bouzar-Essaidi Khaled, 2018- forêt de Tipaza).

1.5.2.2. La diapause :

A ce stade, on assiste alors à un arrêt complet du développement et une diminution notable du métabolisme qui s'effectue au cours de cette phase nymphale. Lors de cette période, les chrysalides peuvent résister à de fortes températures (jusqu'à 35-40°C) sans altération (**RIVIERE J, 2011**). (**fig.10**).

Le taux de diapause prolongée est pratiquement nul en zone méditerranéenne et avoisine 100% dans les montagnes Corses (**sebti.2011**). Au bout de quelques mois, chaque chrysalide se métamorphose en papillon. En été, les papillons sortent de terre et marquent le début d'un autre cycle.

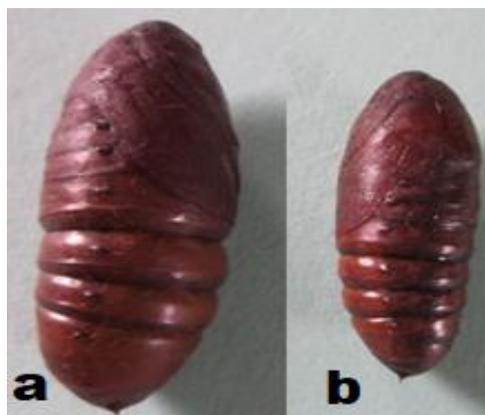


Figure 11: Chrysalides (a)femelle (à droite)et (b)mâle (à gauche) extraites de leur cocon(Bouzar-Essaidi Khaled 2018, Tipaza)

CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PROCESSIONNAIRE
DU PIN : *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* Schiff.

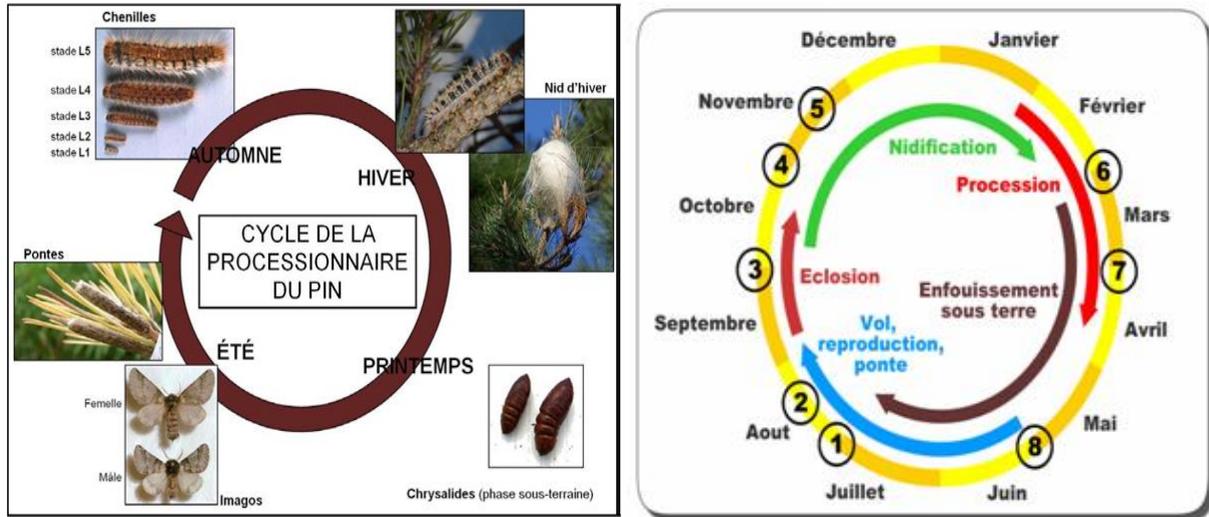


Figure 12: Cycle de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*)

1.6. Dégâts causés par la processionnaire de pin :

1.6.1. Dommages sylvicoles :

La chenille processionnaire du pin est l'un des ravageurs forestiers les plus importants de la région méditerranéenne qui est fréquemment observée dans les forêts de pins ainsi que dans les forêts de cèdres en Afrique du Nord.

Dès l'éclosion des œufs de processionnaire du pin à l'automne, les chenilles commencent à se nourrir des aiguilles de l'arbre hôte, puis la défoliation s'intensifie durant l'hiver (**figure 13**). Les défoliations apparaissent à la fin de l'automne et surtout au début du printemps et peuvent être très sévères dans les zones nouvellement plantées et elles peuvent entraîner la mort des arbres si les peuplements sont importants, directement ou à la suite d'attaques de scolytes ou autres insectes fouisseurs de bois. Les larves des deux premiers stades dévorent les aiguilles à proximité des zones des pontes et engendrent des dégâts caractéristiques sous forme de bouquets d'aiguilles jaunes puis rouges (figure 13) (**sebti.2011**) Les chenilles du troisième au cinquième stade consomment souvent la totalité des aiguilles. Une colonie utilise 1,5 à 2 Kg (en poids sec) d'aiguilles et il suffit de 4 ou 5 colonies pour mettre entièrement à nu un arbre de pin de 20 ans (**sebti.2011**)

CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PROCESSIONNAIRE
DU PIN : *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* Schiff.



Figure 13: Défoliation du pin d'Alep forêt de Sidi-Ghilas Arib. (Originale, 2022).

Montrent que les pins d'Alep régulièrement défoliés subissent une perte de croissance en hauteur pouvant atteindre 30 à 40 % sur des arbres de 5 ans. Une population de chenilles processionnaires du pin équivalente à 3 bourses provoque une défoliation totale des pins d'Alep âgés de 10 à 15 ans (environ 2,4 m de haut). Par ailleurs, les arbres subissant des défoliations successives deviennent attractifs pour les insectes xylophages comme les scolytes. Dans les jeunes reboisements situés en zone semi-aride comme en Algérie, on observe une mortalité sur pied des jeunes arbres soumis à des défoliations répétées. Une colonie utilise 1,5 à 2 Kg (en poids sec) d'aiguilles et il suffit de 4 ou 5 colonies pour mettre entièrement à nu un arbre de pin de 20 ans. (DEMOLIN et RIVER.2011)



Figure 14: Défoliation totale d'un pin d'Alep par la chenille processionnaire du pin dans la forêt de Sidi-Ghilas Arib (Originale, 2022).

1.6.2. Risques pour la santé humaine et animale :

Les chenilles processionnaires sont recouvertes de poils urticants qui, dispersés par le vent ou par nous-mêmes peuvent provoquer une irritation chez les personnes et les animaux. En effet, elles disposent de poils urticants pouvant provoquer des lésions non

CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PROCESSIONNAIRE DU PIN : *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* Schiff.

seulement par contact direct, mais aussi indirectement, par dissémination aérienne (ZAMOUM M.,1998). L'appareil urticant de la chenille processionnaire se met en place au cours du développement larvaire. A partir du troisième stade larvaire (L3), des poils microscopiques urticants apparaissent progressivement sur la partie dorsale des segments abdominaux. Au dernier stade larvaire, ces plages, dites « miroirs », sont entièrement garnies dès le 3ème stade larvaire, les chenilles sont pourvues de microscopiques poils, très urticants, qu'elles libèrent dans l'air. Très présents lors des processions, ceux-ci demeurent virulents même plusieurs mois après la disparition des chenilles, notamment dans les nids anciens. Très allergènes, les poils sont responsables, chez l'homme comme chez les animaux, de réactions plus ou moins violentes, selon la sensibilité de chacun :

- Plaques rouges, cloques, démangeaisons intenses et sensation de brûlures, qui peuvent durer quelques heures ou quelques jours,
- Paupières rouges et enflées, atteintes du globe oculaire
- Allergies violentes pour les personnes présentant des difficultés respiratoires
- Chocs anaphylactiques dans les cas graves

Chez les animaux, chiens et chevaux sont les plus vulnérables. Les poils urticants peuvent provoquer des nécroses allant jusqu'à la perte de la langue. Pour l'homme, les risques sont évidemment plus importants chez les enfants.

1.7. Influence des facteurs climatiques sur le développement de la processionnaire du pin

L'action primordiale des facteurs climatiques sur la biologie de la processionnaire du pin, et notamment celle des températures minimales du mois de janvier et de l'insolation annuelle, a été clairement établie par (DEMOLIN,2011) qui a suggéré dès les années 1960 que les gradations de ce ravageur étaient en priorité liées aux facteurs climatiques . L'auteur précité note que les fortes ou basses températures peuvent provoquer des perturbations physiologiques importantes, pouvant aller jusqu'à l'arrêt de l'alimentation. L'alimentation étant nocturne, est conditionnée par la succession d'une température supérieure à 9 C° dans le nid durant le jour et d'une température de l'air supérieure à 0 C° la nuit suivante.

L'insolation et l'effet de masse interviennent pour compenser les baisses de températures et permettent à la processionnaire une évolution larvaire hivernale dans les

CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PROCESSIONNAIRE DU PIN : *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* Schiff.

régions à forte ensoleillement. La processionnaire présente deux seuils thermiques qui affectent directement la survie de ses populations. En effet les températures supérieures à 32 °C sont extrêmement néfastes pour les œufs en incubation ou pour les chenilles en cours d'évolution. Elles sont le plus souvent à l'origine des mortalités physiologiques. À des températures en dessous de -16°C les chenilles meurent. Quant aux processions, elles n'ont lieu que lorsque la température du sol est comprise entre 10°C et 22°C. Aux températures inférieures, les chenilles restent groupées à la surface du sol et s'enfouissent aux températures supérieures. Dans les régions à été chaud ou la température moyenne des maximums mensuels dépasse 25°C, les adultes émergent tardivement afin d'assurer à leur descendance un optimum thermique vital. Pour résister pendant l'hiver aux températures très basses, les chenilles doivent être suffisamment évoluées pour supporter, par effet de masse les minimums absolus dépassant -10 °C. Ce qui implique que les adultes doivent pondre très tôt. En latitude nordique et en altitude, la durée du développement larvaire devient plus importante, et ceci au détriment de la diapause nymphale.

Dans le cas où l'hiver se prolonge, l'évolution larvaire peut être ralentie, ce qui ne permet pas aux adultes de sortir à la date requise même si la diapause est de durée nulle. Pendant toute leur évolution, les chenilles enregistrent ces ralentissements de développement, si ces derniers dépassent une certaine limite, il y a renforcement de la diapause et passage potentiel sur le rythme biennal. Si les ralentissements se poursuivent, il peut y avoir passage sur le rythme triennal et même quadriennal. Dans le cas des excès thermiques, le principe est le même, sauf que les enchainements des cycles pluriennaux sont plus complexes mais moins fréquents. Les températures élevées jouent surtout par étalement des distributions autour des dates de calages du cycle annuel. Les chenilles pendant leur évolution ont donc la possibilité d'intervenir sur la diapause qui déterminera la date de la sortie de l'adulte et cela en fonction de l'intégration des facteurs défavorables à leur évolution optimale.

1.8. Influence des changements climatiques sur l'extension de la processionnaire *Thaumetopoea pityocampa* :

Le climat joue un rôle déterminant sur la distribution géographique, sur le nombre de générations annuelles ainsi que sur l'abondance des Arthropodes. Chez ces espèces, du printemps à l'automne, la température détermine l'initiation des processus vitaux tel que la croissance, l'alimentation, la mobilité, la reproduction et le développement. Le rapport

CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PROCESSIONNAIRE DU PIN : *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* Schiff.

établi en 2007 par le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat a signalé que la terre s'est significativement réchauffée. Les variations climatiques, matérialisées par des alternances de périodes sèches et des périodes de fortes précipitations, avec des épisodes extrêmes : crues, canicule et sécheresse, entraîneront de même une déstabilisation des écosystèmes locaux. Les climatologues soulignent qu'une hausse des températures de deux degrés équivaut à une migration de 600 kilomètres vers le Nord et de 330 mètres en altitude chez les lépidoptères. Ce réchauffement se traduit donc, par de fortes extensions des aires potentielles pour les espèces de déprédateurs dont la survie hivernale est limitée par les basses températures tel est le cas de la processionnaire du pin.

Cet insecte phytophage effectue son développement larvaire durant l'hiver, ce qui le rend très sensible à la modification de température hivernale. Plusieurs équipes de chercheurs ont observé une extension de l'aire de répartition de cette espèce. Elle oppose une réponse rapide aux altérations du climat, ce qui en fait un parfait modèle d'étude. Originellement distribué sur l'ensemble du pourtour méditerranéen, la processionnaire du pin a connu récemment une expansion spectaculaire en altitude et en latitude. Ainsi en France la processionnaire du pin a progressé de 87 Kilomètres vers le bassin Parisien entre 1972 et 2004 et de 110m à 230m en altitude entre 1975 et 2004 dans les Alpes italiennes. Cette espèce opère depuis le début des années 90 un mouvement progressif et continu vers le nord qui concorde avec l'augmentation constatée des températures en hiver. La disparition des températures défavorables au développement de la processionnaire a favorisé sa progression en latitude (vers le nord de la France) mais aussi en altitude (dans les Alpes, les Pyrénées et le Massif central). La vitesse de progression de l'insecte va dépendre de ses capacités naturelles à coloniser les zones à climats plus favorables et de son adaptation aux modifications créées par l'homme. En plus des changements de l'aire de distribution, il y a risque de changement d'hôtes (observation d'attaques sur sapin de Douglas dans le Massif Central avec lequel elle entre désormais en contact en altitude), et des décalages des phases du cycle de vie, comme au Portugal où des chenilles se développent en été.

CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PROCESSIONNAIRE
DU PIN : *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* Schiff.

1.9. Influence des facteurs biotiques sur la chenille moi

1.9.1. Ennemis naturels :

BILIOTTI est l'un des premiers auteurs à décrire les ennemis naturels de *T. Pityocampa*. Par la suite, d'autres auteurs (DU MERLE, P. (1965) ; CADAHIA D, DEMOLIN G., BILIOTTI E., 1967 ; DEMOLIN G., DELMAS J.C., 1967a ; DEMOLIN, G. 1969a et DU MERLE P, 1969) ont réalisé des études autour de ses auxiliaires. En Algérie, des données intéressantes sur les parasitoïdes de la processionnaire du pin en zones semi-arides ont été présentées par (ZAMOUM. 1998) . Tout au long des niches écologiques de développement de la processionnaire, de nombreux ennemis naturels (Tableau 2) font leur apparition. Il s'agit de prédateurs, de parasitoïdes, de champignons ou de bactéries.

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

Stades	Œuf	Chenille	Chrysalide	Papillons
Parasites	<p><i>Tetrastichusservadeii</i> (Hymenoptera : Eulophidae) Ooencyrtus pityocampae(Hyme noptera : Encyrtidae) <i>Trichogrammasp</i> (Hymenoptera: Trichogrammidae) Anastatusbifasciatu s (Hymenoptera : Eupelmidae)</p>	<p><i>Phryxecaadata</i> (Diptera : Larvaevidae) <i>Compsiluraconcinn</i> ata (Diptera : Tachinidae) <i>Ctenophorapavida</i> (Diptera : Tachinidae) <i>Erigorgusfemorator</i> (Hymenoptera : Ichneumonidae) <i>Meteorusversicolor</i> (Hymenoptera : Braconidae) <i>Xantandruscomtus</i></p>	<p><i>Villa brunnea</i> (Diptères : Bombylidae) Inchneumonrudi s (Hyménoptère : Ichneumonidae) Conomoriumere mitae (Hyménoptère : Pteromolidae) Villa quinquefasciata(Diptères : Bombylidae). Calosomasycoph anta, (Coleoptira : Carabidae)</p>	<p>Guêpes Fourmis Chauvess ourisi</p>

CHAPITRE 01 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA PROCESSIONNAIRE
DU PIN : *THAUMETOPOEA PITYOCAMPA* Schiff.

Stades	Œuf	Chenille	Chrysalide	Papillons
		(Diptera : Syrphidae)		
Prédateurs	Ephippigerephippi ger (Orthoptera : Tettigoniidae)	Calosomasycophanta (Coleoptira : Carabidae) Mésange bleue (Paruscaeruleus)	Calosoma sycophanta, (Coleoptera : Carabidae) Huppe (Upupaepops)	
Bactéries	-	-	Borrelinasp Clostridium sp	
Virus	-	-	Smithiavirus pityocampae	
Champignons	-	-	Beauveriabassiana Aspergillusflavus Scopulariopsissp	

Chapitre 02 :

**Synthèse bibliographique
sur les plantes hôtes.**

Chapitre 02 : synthèse bibliographique sur les plantes hôtes

2.1. Le pin d'Alep (*Pinus Halepensis* Mill.)

2.1.1. Origine :

Le Pin d'Alep (*Pinus Halepensis* Mill.) fait partie intégrant du paysage méditerranéen, occupe une superficie importante en Algérie, l'aire de répartition du pin d'Alep et ses limites s'expliquent par une grande résistance à la sécheresse et par une forte sensibilité aux températures basses. **BOUDY (1950)** rapporte que le pin d'Alep occupe une surface de 852.000 hectares. Le pin d'Alep est connu depuis le miocène, on le trouve à l'état spontané tout autour du bassin méditerranéen. Cependant, il est loin d'être identique à lui-même dans l'étendue de son vaste habitat méditerranéen ; des recherches botaniques et génétiques ont permis de définir des origines et des variétés de meilleures formes et de plus de productivité, par exemple le pin de Tunisie et des Aurès ne ressemble pas à celui de l'oranaï et celui du Maroc forme une race à part (**Girardet, 1985**).

2.1.2. Systématique :

Le pin d'Alep qui appartient au groupe des halpensis, ce dernier renferme cinq espèces, toutes méditerranéennes (**Nahel, 1962**). Nous résumons sa classification en:

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
Embranchement	<i>Gymnospermes</i>
Classe	<i>Pinopsida</i>
Ordre	<i>Coniférales</i>
Sous-ordre	<i>Abietales</i>
Famille	<i>Pinacées</i>
Genre	<i>Pinus</i>
Sous-genre	<i>Eupinus</i>
Espèce	<i>Pinushalepensis</i> Mill.
En berbère	<i>Pin d'Alep</i>
En arabe	الصنوبر الحلبي
Nom vernaculaire	<i>Thayda</i>



Figure 15: Pin D'Alep (*Pinus Halpensis*.Mill) (Original, 2022)

2.1.3 Répartition géographique du pin d'Alep

2.1.3.1 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 16) et occupe plus de 3,5 millions d'hectares (Quezel, 1980 et 1986).



Figure 16: Aire de répartition du Pin D'Alep (*Pinus Halpensis*.Mill).

Chapitre 02 : synthèse bibliographique sur les plantes hôtes

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**).

2.1.3.2 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,

Chapitre 02 : synthèse bibliographique sur les plantes hôtes

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 Saïda et de l'Ouarsenis.

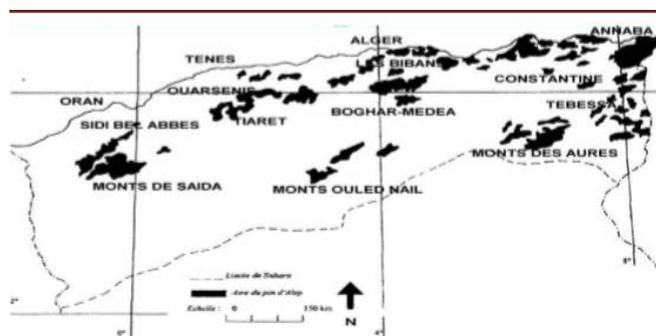


Figure 17: La distribution de Pin D'Alep (*Pinus Halpensis.Mill*) dans l'Algérie.

2.1.4 Caractères botaniques et dendrologiques

Selon (**Boudy, 1952**) et (**Kadik, 1987**)a, la longévité du pin d'Alep est estimée à 150 ans, avec une moyenne de 100 à 120 ans et qui peut atteindre 130 ans par (**Boudy, 1952**). Alors que selon (**Nahal, 1962**), elle est relativement réduite et généralement ne dépasse pas les 150 ans.

Le pin d'Alep est un arbre de taille moyenne qui ne dépasse pas les 30 m de hauteur dans les stations les plus favorables ; en général dans les stations à une fertilité moyenne, il peut atteindre les 15 à 18 m (**Kadik, 1987**). En Algérie, sa hauteur avoisine les 20 m, il existe quelques sujets pouvant dépasser les 25 m dans les Aurès et les montagnes d'Ouled-Nail où nous trouvons de belles futaies du pin d'Alep au fut élancé et droit (**Lautrech, 1982**).

Le tronc est ordinairement flexueux sur le littoral et droit dans les montagnes (**Maire, 1962**). Selon (**Kadik, 1987**)a, nous trouvons de beaux peuplements à futs élancés, droits et peu branchues dans les massifs des Aurès et l'Atlas saharien. L'écorce est grise argentée, puis à rhytidome bain rouge, fissuré, écailleux. Les jeunes pousses sont glauques (**Maire, 1962**). (**Nahal, 1962**), rapporte quelles jeunes sujets ont une écorce lisse grise argentée, avec le temps l'écorce devient fortement crevassée et s'épaissit avec une couleur rougeâtre. En effet, le pin d'Alep de l'Atlas saharien et des Aurès présente une écorce très épaisse dépassant de 25 fois l'épaisseur totale. C'est une adaptation aux conditions du milieu.

Chapitre 02 : synthèse bibliographique sur les plantes hôtes

L'écorce du pin d'Alep contient une grande quantité du tannin très utilisée par les populations pour le tannage des peaux (**kadik, 1987**).

Le pin d'Alep est une espèce monoïque à deux parties, la partie mâle se présente sous forme de chaton rougeâtre à la base des rameaux de l'année, quant à la partie femelle, elle se présente sous forme de petits cônes violacés, qui après fécondation croit en volume, devient brunâtre et acquiert une consistance très ligneuse (**Makhloufi et al, 2002**). Selon (**Nahal, 1962**) et (**Kadik, 1987**), le Pin d'Alep fructifie vers 10 à 12 ans, les graines ne sont suffisamment abondantes qu'à partir de l'âge de 18 à 20 ans. Le cône mûrit au cours des deuxièmes années et laisse souvent échapper ses graines au cours de la troisième année, une fois le cône récolté, il s'ouvre par simple réchauffement au soleil pendant 4 à 5 jours (**Boudy, 1950**).

Les feuilles sont groupées par deux, elles sont persistantes durant deux ans, elles sont courtes et minces, souples et d'un vert clair. Elles présentent des marges finement denticulées, à sommet brusquement atténuée en une courte pointe rigide. Sur les feuilles, on observe des lenticelles stomatiques, sur les deux faces (**Maire, 1962**), la longueur des aiguilles du pin d'Alep varie entre 45 et 80 mm (**Kadik, 1987**) a.

Le système racinaire et sa nature dépendent de la nature du sol et de sa fertilité, il est pivotant dans les sols profonds, alors qu'il est superficiel sur les sols squelettiques (**Kadik, 1987**) a.

Le bois du pin d'Alep est composé d'un aubier blanc-jaunâtre et d'un cœur brun rougeâtre clair (**Nahal, 1962**) et (**Kadik, 1987**). Le pin d'Alep a un bois de qualité ordinaire, sa texture est régulière, sa densité varie de 0.5 à 0.8 Kg/dm³ (**Jaquiot, 1955**).

2.1.5 Exigences écologiques du pin d'Alep

Le pin d'Alep est reconnu par son tempérament robuste, très plastique, car il s'adapte aux différentes conditions écologiques (**Boudy, 1952**) et (**Kadik, 1987**). C'est une espèce à la fois héliophile (espèce de lumière) et thermophile car elle se développe dans les limites de températures moyennes annuelles comprises entre 13°C et 35°C (**Brochiero et al, 1999**). Les pins de groupes «halepensis» comme d'ailleurs les autres essences ont tendance à occuper certaines ceintures altitudinales correspondant à des étapes de végétations et bien entendu à des ensembles climatiques qui se trouvent surtout dans le pourtour de la méditerranée (**Quezel, 1986**). Entre 0 et 300-600 m en méditerranée septentrionale ; entre 0 et 1200-1400 m en méditerranée méridionale (**Makhloufi et al, 2002**).

2.1.6. Importance économique du pin d'Alep

Pinushalepensis est l'espèce forestière la plus importante dans de nombreux pays méditerranéens. Il est utilisé généralement dans des programmes de reboisement des sols dégradés cas de la «ceinture verte» dans le Sud de l'Algérie comme elle est utilisée aussi pour l'ornement (**Laleg, 2017**).

Le bois du Pin d'Alep est utilisé en industrie comme la fabrication de la pâte à papier, après élimination de la résine. Il est utilisé aussi en construction navale et la charpenterie, l'étagage des mines et pour faire des palettes et caisses d'emballage léger et c'est un bon bois de chauffage (**Bentouati, 2006**). C'est aussi, nonobstant sa qualité, un bois d'œuvre pour l'ameublement, les parquets et lambris, bois de mine et poteaux télégraphiques, etc... (**Bentouati, 2006**).

De plus, le Pin d'Alep qui est plus appréciée que celle du Pin maritime et des autres Pins d'Amérique ou d'Europe donne environ 3 Kg de résine (la gemme) par arbre et par an. La gemme pure contient 20 à 24 % d'essence de térébenthine et 75 à 80 % de cellophane. Cette gemme a aussi des usages médicaux (**Kadik, 1987 ; Laleg, 2017**).

En outre, Ses bourgeons très résineux, sont utilisés comme balsamiques et diurétique (sirops et pastilles) et du goudron de Norvège, à propriétés balsamiques et antiseptiques est extrait, par distillation, à partir du bois du pin d'Alep (**Taibi et Ziani, 2017**). En fin, Les graines de pin (Les pignons) sont comestibles et utilisées en pâtisserie et confiserie ou peuvent être mangées crues en cassant leur coque (**Taibi et Ziani, 2017**).

2.1.7. Le relief

La région de Ghilass est l'ensemble des irrégularités du sol, qui se mesurent par rapport au niveau de l'arib, La commune de arib, Ghilass présente d'une manière générale un relief montagneux entrecoupé par de vastes dépressions. Elle fait partie de la zone montagneuse de Djebledahra, (**Zergane, 2011**).

2.2 Cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti)

2.2.1 Origine :

Le cèdre appartient à l'embranchement des Gymnospermes famille des Pinacées. Le genre Cèdres présent sur le bassin méditerranéen et dans l'Himalaya, comprend quatre espèces (**GREUTER et al. 1984**), toutes se trouvent en régions montagneuses. Le cèdre de l'Himalaya (*C. deodara* (**Roxb.**)) pousse sur le versant occidental de l'Himalaya, en Afghanistan et en Inde. Les trois autres espèces sont méditerranéennes, **Le cèdre du Liban** (*C. libani* **A. Richard**) se cantonne dans les montagnes de la Turquie, de la Syrie et du Liban.

Chapitre 02 : synthèse bibliographique sur les plantes hôtes

Le cèdre de Chypre (*C. brevifolia*Meikle) est un arbre endémique de l'île de Chypre. Enfin, le cèdre de l'Atlas (*Cedrusatlantica*Manetti), espèce endémique de l'Afrique du Nord, qui occupe environ 159 000 ha (BOUDY, 1958), est présent au Maroc et en Algérie.

Le plaidoyer de (Michel TARRIERETdeJean Delacre.2006) en faveur des cédraies cerne bien les causes de cette importance : Par la biomasse qu'elle engendre pour sa fonction protectrice du sol et parce qu'elle est la formation essentielle s'inscrivant dans le rôle salubre et légitime de « ceinture verte » de l'Atlas, contre la désertification menaçante, Le cèdre est considéré comme l'essence noble par excellence de l'Orient et de l'Afrique du Nord, du fait de ses qualités remarquables : son port majestueux, sa longévité, son odeur aromatique très vive, sa résistance à la compression, sa bonne production de bois aussi bien sur le plan quantitatif que qualitatif, son attrait paysager, son imputrescibilité et sa longévité de plusieurs siècles et en pharmacie pour ses propriétés bactéricides (BENHLIMA, 2006).

2.2.2. Systématiques :

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrusatlantica*Manetti) (fig. 18), est une espèce endémique de l'Afrique du Nord, est présent au Maroc et en Algérie

Embranchement	<i>Spermaphytes</i>
Sous -embranchement	<i>Gymnospermes</i>
Classe	<i>Vectrices</i>
Ordre	<i>Coniferales</i>
Famille	<i>Pinacées</i>
Sous famille	<i>Abiétés</i>
Genre	<i>Cedrus</i>
Espèce	<i>Cedrus</i> <i>atlantica</i> Manetti

Nom arabe ; Arz ou Medade. En berbère ; Begnune ou Idguel.Cedrusatlantica est nom d'origine gréco-latin dont la signification suivante ; **Cedrus** veut dire en grec **Kedros** ; arbre **Atlantica** veut dire en latin **Atlanticus** ; région atlantiques ; atlas marocaine.



Figure 18: peuplement de Cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) de l'ElMeroudj FD Zaccar (original, 2022).

2.2.3 Répartition géographique du cèdre d'atlas :

2.2.3.1. Dans le monde :

La présence de (*Cedrus atlantica*) en Afrique du nord n'est pas récente. Cependant sa répartition ne fut pas toujours celle que nous connaissons actuellement (**ABDESSEMED S, 2008**). Aux pays du Maghreb il a été identifié par le pollen dans le Hoggar (**PONS et QUEZEL .1958**), au Sud et au Nord-Ouest de la Tunisie, dans le Rif, le Moyen Atlas et le Haut Atlas Oriental (Maroc), montrant ainsi la vaste distribution des lointains ancêtres des cèdres (**NADJAH.1988**).

Le cèdre de l'Atlas est localisé sur les montagnes du Maghreb ; le Maroc détient à lui seul la plus grande surface, répartie sur deux blocs d'inégale importance, le premier dans le moyen Atlas et le grand Atlas oriental (116 000 ha), le second dans le Rif occidental et central avec une superficie d'environ 16 000 ha (**M'HIRIT, 1982**) (Fig. 19)



Figure 19: la répartition de Cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le monde (M'HIRIT, 1982)

2.2.3.2. En Algérie :

Le cèdre occupe une surface d'environ 30 000 ha répartie sur deux ensembles naturels, d'écologie sensiblement différente : le premier est localisé sur les montagnes littorales (atlas tellienne) bien arrosées (Babors, massif de Djurdjura, l'Atlas Blidéen, Ouarsenis), ce sont les cédraies humides. Le second ensemble est le plus important du point de vue superficie, il occupe les montagnes méridionales continentales de l'Atlas saharien, ce sont les cédraies sèches. Il est représenté à l'Est par les cédraies des Aurès et de Belezma qui couvrent 17 000 ha environ, réparties entre les massifs de Chélias'gag, Aidel, Ouledyacoub et du Belezma, à l'Ouest les massifs de Maadid, Boutaleb et Guthiane (Hodna). Ces dernières sont réparties en cantons isolés couvrant environ 8 000 ha (NEDJAHIL. 1988) (Fig., 20).

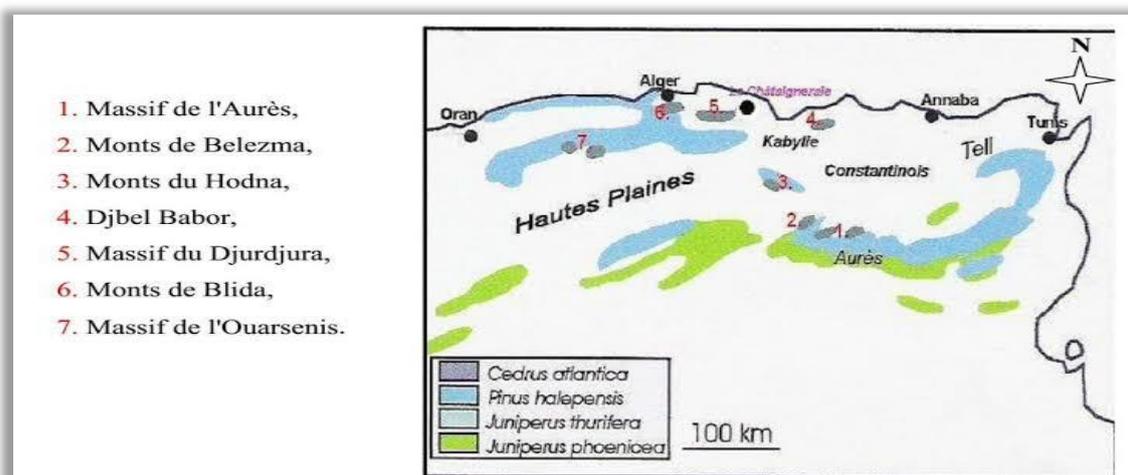


Figure 20: la répartition de Cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica Manetti*) en Algérie (Roche, 2006)

Zone	superficie
1) massif de Djurdjura	2000 ha
2) Djebel Babors	500 ha
3) Mont de chrèa	1000 ha
4) ThenietEl-Had	1000 ha
5) Massif de l'Aurès	25000 ha
Total	29 500 ha

Tableau 3: superficie des forets de *cedrusatlantica* dans le Maghreb. (M'HIRIT, 1994a in TALEB 2011 ; QUEZEL et MEDAIL 2003).

2.2.4 Exigences écologiques du Cèdre de l'atlas :

2.2.4.1 Altitude

Le cèdre de l'Atlas est une espèce montagnaise, donc l'altitude présente un facteur essentiel de sa répartition.

PUJOS (1966) cité par **BOUAKALINE** et **DEHLILIS (2013)**, note qu'il existe trois types de cédraies selon l'altitude : Les cédraies de basses altitudes situées entre 1800 et 1900m. Les cédraies de moyennes altitudes comprises entre 1900-2100m. • Et les cédraies de hautes altitudes situant au-delà de 2100 m. En Algérie, le cèdre de l'atlas apparaît à partir de 1400 -1500 m sur le versant nord, et à partir de 1600 m en versant sud, du faite du décalage de 200 m en moyenne pour le Chélia qui peut atteindre 400 à 500 m au Belezma. (**ABDESSEMED ,1981**).

Dans le même contexte **NEDJAH** et **HARFOUCHE (2003)** notent que les cédraies algériennes peuvent descendre plus bas couvrant des versants d'une altitude atteignant 1000 à 1100 m voire jusqu'à 900 m d'altitude où les conditions microclimatiques seraient favorables. Par contre, la limite supérieure allant de 2200 m pour les deux versant jusqu'à 2300 m dans certains cas des d'individus isolés (**ABDESSEMED, 1981**). Cependant **LEHOUEIROU et al., (1979)** cité par **MEDDOUR (2010)**, indiquent que les cédraies des plus hauts sommets sont plus ou moins dégradées.

Au Maroc, le cèdre est localisé dans les hauteurs à partir 1500m sur le Rif, à partir de 1600m sur le Moyen Atlas et à partir 1700 sur le Haut Atlas (**M'HIRIT, 1982**).

2.2.4.2 Exposition

En Algérie ou au Maroc, les versants Nord et Ouest supposés être les plus arrosés et humides, et qui sont également à l'abri des vents desséchants (sirocco), abritent les belles cédraies qui sont caractérisées par une bonne productivité et croissance ainsi qu'une régénération appréciable (**DERRIDJ, 1990 ; EZZAHIRI et al., 1994 ; HALITIME, 2006**).

2.2.5 Importance économique du Cèdre de l'atlas :

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) est une essence endémique des montagnes de l'Afrique du Nord : Maroc et Algérie. Son importance découle de l'intérêt bioécologique et socio-économique ainsi que de ses qualités qui lui permettent d'occuper une place primordiale dans la forêt méditerranéenne. En effet la faculté d'adaptation du cèdre de

Chapitre 02 : synthèse bibliographique sur les plantes hôtes

l'Atlas dans des conditions difficiles, sa résistance aux incendies, ses qualités forestières (faible inflammabilité, bois de bonne qualité et longue longévité) ornementales (port remarquable et esthétique) et touristiques ; (*TOTH 1990 a*) signale à ce propos que l'intérêt touristique de ce résineux est unanimement reconnu. En outre, il protège le sol contre l'érosion grâce à sa cime tabulaire et son système racinaire profond et ramifié, élimine la strate herbacée, diminuant ainsi les risques d'incendie.

2.2.6 L'accroissement du Cèdre de l'atlas

Les outils de gestion et de culture des cédraies : tables de cubage, modèles de croissance, etc. ont été élaborés par les différents centres de recherches, Le cèdre de l'Atlas a une productivité proche des grandes espèces forestières médio européennes. L'accroissement moyen annuel dépasse 8 m³/ha/an dans les stations naturelles et 12 m³/ha/an dans les stations artificielles très fertiles. Les classes de croissance extrêmes sont comparables pour l'ensemble des cédraies. Néanmoins, en dehors de son aire, la productivité du cèdre semble plus élevée. Le cèdre est l'espèce économiquement et écologiquement la plus importante de la montagne méditerranéenne. Ainsi, la gestion des forêts de cèdre repose sur les principes fondamentaux de la sylviculture: la conservation, la diversité et la pérennité du cèdre d'atlas,

l'exploitation rationnelle des cédraies en vue de satisfaire les besoins de la communauté en bois d'œuvre, de service, de chauffage et en fourrage pendant la saison sèche. (**MHIRIT et al., 1 983, 1 984, 1 985 ; NEDJAH, 1 9 87 ; BEN MBAREK, 1985**)

CHAPITRE 03 :
MATERIEL ET
METHODES

CHAPITRE 03 : MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE 03 : MATERIEL ET METHODES

3.1. Présentation de la zone d'étude :

3.1.1. Situation géographique de La wilaya d'Ain Defla :

se présente comme étant une zone relais entre l'Est et L'Ouest, le Nord et le Sud, occupant de ce fait, une position géographique centrale pouvant lui confier un rôle stratégique lors de l'élaboration du schéma national d'aménagement du territoire, assurant ainsi une parfaite jonction entre le littoral et la région des hauts plateaux ainsi qu'une meilleure liaison entre la région Ouest et celle de l'Est du pays.

Le territoire de la wilaya reste inséré entre les massifs montagneux du DAHRA-ZACCAR au Nord et l'OUARSENIS au sud avec une plaine au centre sous forme de cuvette, traversée d'est en Ouest par oued Chelef, cours d'eau d'importance nationale.

La wilaya d'Ain Defla est située à 145 km au sud-ouest de la capitale Alger et s'étend sur une superficie de 4544.28 km². Elle est délimitée :

- au nord, par la wilaya de Tipaza.
- à l'est par la wilaya de Blida.
- au sud par la wilaya de Médéa.
- au sud-ouest par la wilaya de Tissemsilt.
- à l'ouest par la wilaya de Chlef.

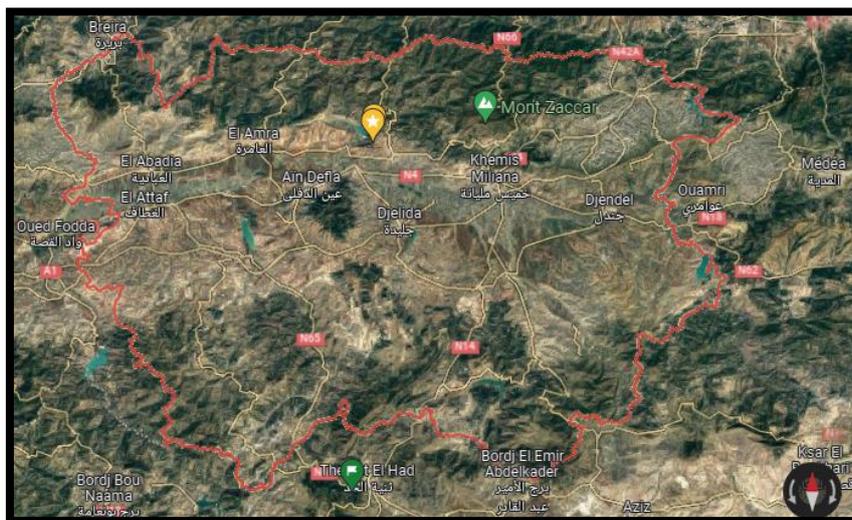


Figure 21: Situation géographique de la wilaya d'Ain-Defla (Google Earth; 2022).

CHAPITRE 03 : MATERIEL ET METHODES

3.1.2. Localisation géographique du Sidi-Ghiles Commune Arib :

Le forêt Ghilass, avec 580 mètres d'altitude, sous une superficie de 50 HA. Il est situé au nord de la commune ARIB daïra EL AMRA. Son exposition par rapport à la wilaya est NORD-EST et a un étage bioclimatique sub-humide.



Figure 22: forêt de Sidi-Ghilass, Arib (Originale, 2022).

Circonscription des forêts de: EL AMRA

Daïra: EL AMRA

Commune: ARIB

Forêt : B.V Sidi m'hamed Bentaiba.

Canton ou lieu-dit: Foret Sidi-GHILAS.

Superficie: 50 HA

Coordonnées Géographiques : X1 : 2°02'17" X2 : 2°02'47"
Y1 : 36°19'00" Y2 : 36°19'10"

Caractéristique du Milieu:

Etage bioclimatique: Semi-aride.

Altitude: 580 M

Exposition: NORD_EST



Figure 23: Situation géographique commune de arib (Google Earth,; 2022).

3.1.3. Diversité floristique de la forêt de Sidi Ghiles (Arib) :

La végétation de la zone d'étude est de type forestier caractéristique de l'atlas tellien.

On rencontre principalement le Pin d'Alep, le Tamarix, le Cyprés, le Pistachier, l'Eucalyptus, le Roseaux peuplier et le Chêne vert. (DGF ; 2015).

3.1.4. Diversité faunistique de la forêt de Sidi Ghiles :

Foret de Sidi-Ghiles est caractérisé par une grande diversité animale et dans le bassin versant du barrage de Arib on note des nombreux espèces comme :

Hérisson, Serpent, Le Lièvre du Cap, renard, le Sanglier, la Genette, lapin de garenne. Chacal doré.

Cette région dans le site de barrage abrite les espèces d'oiseaux suivantes :

Grand héron cendré, Goéland, Foulque macroule, Grand aigrette, Poule Canard colvert, Corbeaux, Moineau, Busard des roseaux, Balbuzard, martin pêcheur, grèbe huppé, grèbe castagneux, cormoran , Canard souchet. (DGF ; 2015)

CHAPITRE 03 : MATERIEL ET METHODES

3.2. Localisation géographique d'El-Meroudj Commune Miliana :



Figure 24: foret d'EL Meroudj, Miliana (Originale; 2022).

Circonscription des forets de : **Miliana**

Daïra de : Miliana

Commune de : Miliana

Foret : FD Zaccar

Canton ou lieu dit : ElMeroudj

Superficie : 100 Ha

coordonnées Géographiques : X1 : 2°12'03" X2 : 2°12'39"

Y1 : 36°19'52" Y2 : 36°20'18"

Caractéristiques du Milieu :

Etage bioclimatique : **Humide inférieur - Sub Humide supérieure**

Altitude : **700 M**

Exposition : **Nord- Est**



Figure 25: Situation géographique commune de miliana (Google, Earth 2022)

CHAPITRE 03 : MATERIEL ET METHODES

3.1.6. Diversité floristique de la forêt d'Ain-Ennsour (Miliana) :

Les arbres les plus représentés sont :

- le Cèdre de l'Atlas, le Pin noir, le Pin d'Alep, le pin pignon, Cypres Sempervirens, cypres arisona, Casuarina, Micocolier, Caroubier,
- Le Chêne vert, le Chêne zéen, le Chêne liège, le chêne blanc, le chêne kermès, le chêne afarés, l'Érable à feuilles obtus, l'Érable de Montpellier, le Prunus avium, l'if,
- Maquis, Thuya, Lentisque, L'oléastre, Le genévrier oxycèdre, merisier, pistachier, la lavande.
- Le cèdre et le pin pignon a été introduit en 1987 dans le massif du Zaccar dans la station d'El Meroudj sur une superficie de 100 ha.

Diversité floristique au niveau des cours d'eau :

- Laurier rose et Laurier noble, Tamarix, le houx, saule pleureur, l'Érable champêtre,
- le peuplier.
- Le roseau, Ronce, myrte commun.

3.1.7 Diversité faunistique de la forêt d'Ain-Ennsour (Miliana) :

Cette région abrite les espèces de mammifères suivantes:

Le Lièvre du Cap, renard, hérisson, singe magot, porc-épic, le Sanglier, l'Hyène rayée, la Mangouste, la Genette, lapin de garenne. Chacal doré. Cette région abrite les espèces d'oiseaux suivantes: l'Aigle royal, le Vautour fauve, le Gypaète barbu, l'Aigle de bonellie, le Faucon crécerelle, la Chouette hulotte, le Hibou grand-duc, la Grive musicienne, le Rossignol Philomèle, le Bec-croisé des sapins, la Grive draine, le Pic vert, la Huppe fasciée, perdrix gambra, caille des blés, étourneau sansonnet, tourterelle, faucon pèlerin, chardonneret élégant, balluzard pêcheur. Bécasse, la pie, la tortue d'eau.



Figure 26 : Chenille processionnaire stade Larvaire 4 (originale, 2022)

3.3. Objectif du travail:

Les forêts de Sidi Ghiles commune Arib et El-Meroudj commune de Miliana sont des forêts de protection le première protège c'est le bassin versant de Sidi M'hamed Bentaiba et la seconde protège le sol contre l'érosion en même temps, la cédraie d'El-Meroudj est considérée comme zone expérimentale étant donné qu'elle est introduite depuis le parc national de Theniet-el-Had.

Elles renferment une richesse floristique et faunistique d'un grand intérêt biologique. Néanmoins, la présence d'insectes ravageurs, en particulier la chenille processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa*, demeure le parasite le plus dévastateur affectant les peuplements résineux du genre *Pinus* et *Cedrus*. Ses pullulations sont temporaires avec d'importantes défoliations en forêts naturelles, mais les plus sévères sont enregistrées en reboisement et qui contribue à la dégradation de la forêt, constitue une préoccupation permanente pour les gestionnaires de l'administration forestière de la wilaya d'Ain-Defla.

Dans cette condition, l'étude de la répartition écologique des nids d'hiver est très nécessaire pour caractériser la dynamique des infestations de processionnaires dans la pinède et la cédraie de la wilaya d'Ain-Defla.

Dans cette situation nous avons entrepris ce travail qui peut contribuer sur la répartition des populations de la processionnaire du pin afin de mettre en place les moyens pouvant réduire les infestations et permettre de mieux appréhender la dynamique des populations larvaires de ce ravageur.

CHAPITRE 03 : MATERIEL ET METHODES

3.4. Dénombrement des nids d'hiver de la processionnaire du pin :

Le nombre de nids par arbre a été évalué pendant la période hivernale et printanière sur 30 arbres dans chaque site forestier : le dénombrement des nids d'hiver a été effectué du mois de janvier jusqu'au mois d'avril. Les arbres ont été observés au hasard à chaque fois, sur deux transects de 100 m de long, l'un en bordure du peuplement forestier et l'autre à environ 50 m à l'intérieur du peuplement. Les arbres ont été soigneusement inspectés dans toutes les directions cardinales.



Figure 27 : Nids d'hiver au Pins d'Alep (Originale, 2022).

3.5. Méthodes d'analyse statistique:

Plusieurs méthodes d'analyse statistique ont été effectuées dans le but de tirer des informations sur la stratégie de distribution des nids d'hiver.

3.5.1. Analyse de la variance (ANOVA):

L'objectif de ce traitement est de tester les différences significatives entre les moyennes. Des analyses à un facteur ont été effectuées pour tester l'effet d'un facteur contrôlé ayant des modalités sur les moyennes d'une variable quantitative.

3.5.2. Analyse descriptive:

Son objectif principal est d'identifier un certain nombre d'informations quantitatives et qualitatives à comparer et de présenter les données observées sous une forme facilement lisible. Cette analyse est basée sur un calcul effectué séparément pour chaque variable, dans cette composante statistique, plusieurs calculs sont effectués, les moyennes, les écarts types et le coefficient de variation. Celles-ci ont été réalisées à l'aide

du logiciel Excel et *Statistix 8.1.*

Chapitre 4 :

Résultats

CHAPITRE 04 : RESULTATS

CHAPITRE 04 : RESULTATS

4.1. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver des stations sidi Ghiles et El-Mroudj :

4.1.1 Analyse descriptives des résultats obtenus :

Tableau 4: Abondance des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin « *T. Pityocampa* » dans les deux stations d'études : El-Mroudj et Sidi-Ghiles :

Région	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Nombre d'arbres échantillonnés
Ain-Nssour (ElMroudj)	1,62	1,64	0	6	390
Arib-Ghilass	1,26	1,04	0	11	390
Analyse de l'Anova	$F(1,778)=13.578 : P=0,00024$				

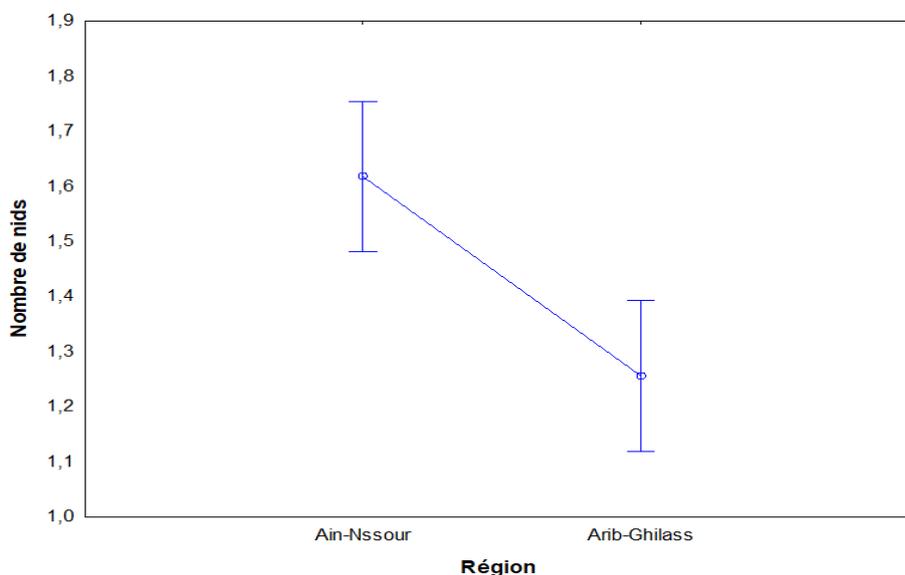


Figure 28: Comparaison d'abondance des nids d'hiver dans les deux stations par ANOVA

Comme l'analyse descriptive des moyennes peut dissimuler des informations, une analyse de la variance a été réalisée dans le but de tirer des résultats plus fiables. La

CHAPITRE 04 : RESULTATS

comparaison des moyennes de nombre des nids par ANOVA montre une différence hautement significative entre les deux biotopes d'étude (Tableau 1). Le nombre de nids est significativement plus élevé dans la cédraie El-Mroudj d'Ain-Nssour avec une moyenne de 1,6 nid par arbre.

4.2. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver (variable étudiée exposition des nids) :

Date	nombre d'arbre	NOMBRE DE NIDS	SUD	NORD	EST	OUEST	Hauteur des arbres
15_01_2022	30,00	2,73	1,00	0,37	0,77	0,57	9,97
22_01_2022	30,00	2,30	1,07	0,37	0,50	0,33	10,67
29_01_2022	30,00	1,73	0,90	0,27	0,33	0,30	10,30
05_02_2022	30,00	0,23	0,13	0,00	0,07	0,03	10,50
12_02_2022	30,00	1,57	0,63	0,20	0,37	0,37	10,10
19_02_2022	30,00	1,70	0,67	0,13	0,33	0,53	10,70
26_02_2022	30,00	1,67	0,70	0,20	0,33	0,43	10,47
05_03_2022	30,00	1,40	0,60	0,20	0,23	0,37	10,43
12_03_2022	30,00	1,57	0,50	0,37	0,23	0,47	10,40
19_03_2022	30,00	0,93	0,30	0,23	0,10	0,43	7,13
26_03_2022	30,00	2,00	0,80	0,27	0,30	0,63	10,03
03_04_2022	30,00	1,70	1,00	0,20	0,23	0,27	11,23
10_04_2022	30,00	1,50	0,60	0,20	0,37	0,33	11,37
Moy	30,00	1,62	0,68	0,23	0,32	0,39	10,25

CHAPITRE 04 : RESULTATS

Tableau 5: Répartition des nids d'hiver selon leur exposition de la station d'étude d'El-Mroudj :

A- cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Manetti*)

Date	Nombre d'arbre	Nombre de nids	SUD	NORD	EST	OUEST	Hauteur des arbres
15_01_22	30	1,17	0,70	0,00	0,37	0,03	3,65
22_01_22	30	1,20	0,63	0,13	0,23	0,13	6,22
29_01_22	30	1,57	0,77	0,17	0,30	0,37	6,30
05_02_22	30	1,30	0,97	0,07	0,20	0,03	5,67
12_02_22	30	1,37	0,73	0,00	0,60	0,07	4,05
19_02_22	30	1,33	0,67	0,13	0,50	0,10	4,25
26_02_22	30	1,53	0,67	0,17	0,50	0,20	4,79
05_03_22	30	1,37	0,77	0,17	0,27	0,17	4,67
12_03_22	30	0,93	0,57	0,07	0,23	0,03	4,67
19_03_22	30	1,37	0,73	0,17	0,33	0,13	6,17
26_03_22	30	1,23	0,67	0,23	0,17	0,20	4,89
03_04_22	30	0,63	0,27	0,07	0,27	0,07	4,00
10_04_22	30	0,90	0,33	0,10	0,47	0,00	6,09
Moy	30	1,22	0,65	0,11	0,34	0,12	5,03

Tableau 6: Répartition des nids d'hiver en fonctions de l'exposition de la station d'étude Sidi Ghiles :

B- Pin d'Alep (*Pinus halepensis*)

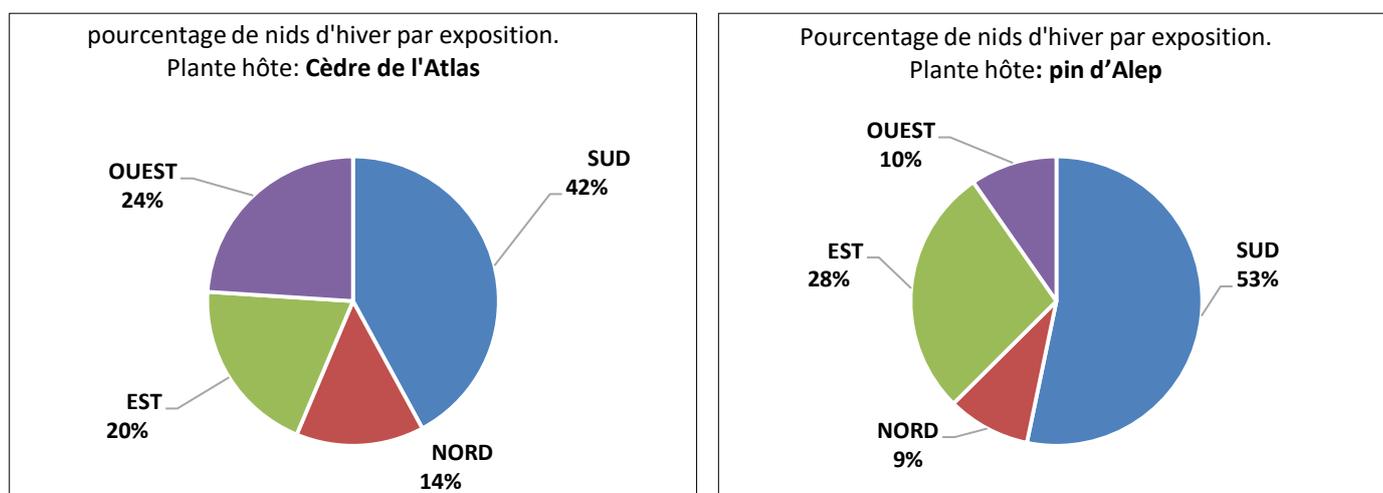


Figure 29 : Pourcentage de nid d'hiver par rapport à l'exposition, station El Meroudj (Ain-ensour) et station S. Ghiles (Arib).

CHAPITRE 04 : RESULTATS

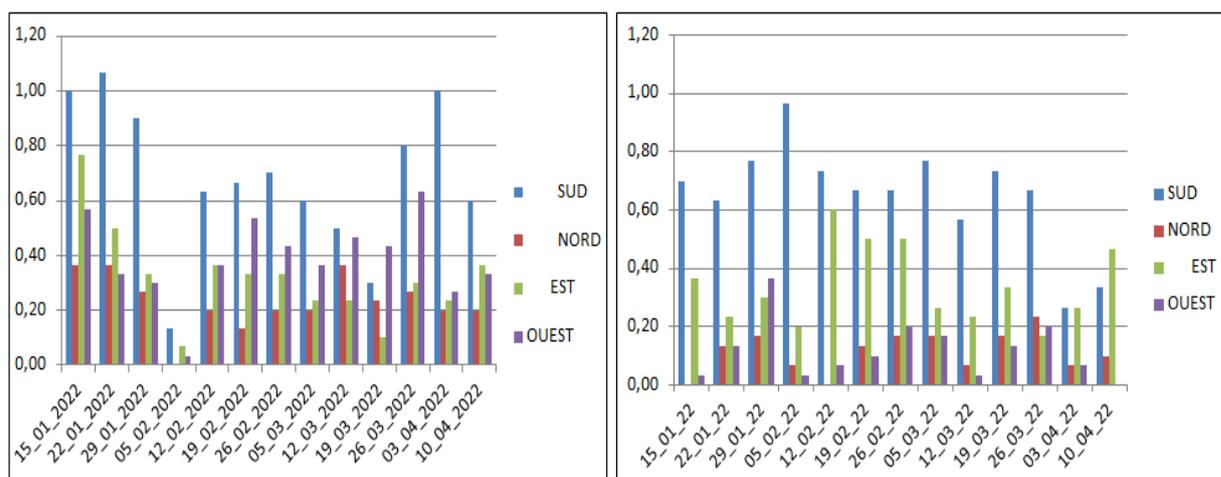


Figure 30 : Histogramme du nombre de nids d'hiver selon l'exposition des deux stations forêt du Pin d'Alep et forêt du Cèdre de l'Atlas

On note que 53% station Sidi Ghiles commune Arib pinède d'Alep et 42% station El-Mroudj (Ain-ennsour) commune forêt de cèdres de Miliana sont les pourcentages respectifs du nid d'hiver les plus exposés au sud. Cela signifie que les adultes (papillons) de la processionnaire du pin préfèrent cette orientation suivant l'ensoleillement. On note également un certain nombre de nids sur les plantes hôtes orientés vers l'Ouest et l'Est avec un faible pourcentage par rapport au Sud. Alors que le nombre de nids dont 14% dans la cédraie et 9% dans la pinède installés à l'exposition nord est le pourcentage le plus faible par rapport aux autres orientations.

4.3. Analyse des nids d'hiver en fonction de leur exposition :

4.3.1. Forêt de cèdre zone Ain-ennsour (El-Mroudj) commune Miliana :

Le nombre des nids d'hiver dans les cédraies d'Ain-ennsour (El-Mroudj) commune de Miliana varient en moyenne de 0.68 ± 0.27 au Sud à 0.23 ± 0.10 nid au Nord. Les nids d'hiver de la processionnaire du pin exposé au Sud dans les cédraies sont plus importants et le taux d'infestation est plus élevé que celles exposés aux autres orientations Nord, Est et Ouest.

Les moyennes des effectifs des nids d'hiver ont été analysées à travers une ANOVA au niveau de confiance de 95,0%

CHAPITRE 04 : RESULTATS

Tableau 7: ANOVA de la comparaison des moyennes des nids d'hiver de la processionnaire du pin de la station étudiée El-Mroudj (forêt de cèdre) :

Source	DF	SS	MS	F	P
Répétition	29	244.87	8.444		
Orientation	3	587.63	195.878	36.27	0.0000
Error	87	469.87	5.401		
Total	119	1302.37			

Grand Mean 5.2833 CV 43.99

Les moyennes des nids d'hiver sont significativement très différentes les unes des autres au niveau des sites forestiers El-Mroudj respectives ($P < 0.000$).

Orientation Moyenne Groupe Homogènes

Sud	8.9000	A
Ouest	5.0667	B
Est	4.1667	BC
Nord	3.0000	C

Le test LSD des étendues multiples a été réalisé et a mis en évidence Trois (3) groupes (A, B, et C.) homogènes identifiés dans lesquels les moyennes ne sont pas significativement différentes les unes des autres.

Alpha 0,05 Erreur type de comparaison 0,6000. Valeur critique pour la comparaison 1,1926

Terme erroné utilisé : rep*Orientait, 87 DF. Des variations des nids d'hiver étaient enregistrées.

Le premier groupe est formé par une seule orientation à savoir : Sud.

Le deuxième groupe également est formé par une seule orientation: Ouest.

Le troisième groupe est constitué par une seule exposition qui est Nord.

CHAPITRE 04 : RESULTATS

Tableau 8: Analyse descriptive des nids d'hiver observés au niveau des cédraies Ain-ennsour (El-Mroudj) commune Miliana :

	N	Intervalle	Minimum	Maximum	Somme	Moyenne	Ecart type	Variance
	Statistique							
SUD	13	0,94	0,13	1,07	8,9	0,6846	0,27606	0,076
EST	13	0,37	0	0,37	3,01	0,3215	0,10383	0,011
OUEST	13	0,7	0,07	0,77	4,16	0,39	0,17697	0,031
NORD	13	0,6	0,03	0,63	5,06	0,2392	0,15256	0,023
N valide (listwise)	13							

4.3.2. Forêt de Pin d'Alep zone sidi-Ghiles commune Arib :

Le nombre des nids d'hiver dans les pinèdes de sidi-Ghiles commune Arib, varient en moyenne de 0.65 ± 0.18 au sud à 0.23 ± 0.06 nid au Nord. Les nids d'hiver de la processionnaire du pin exposé au Sud dans les pinèdes sont plus importants et le taux d'infestation est plus élevé que celles exposés aux autres orientations Nord, Est et Ouest. Les données d'observations sont similaires pour les deux plantes hôtes. Les moyennes des effectifs des nids d'hiver ont été analysées à travers une ANOVA au niveau de confiance de 95,0%

Tableau 9: ANOVA de la comparaison des moyennes des nids d'hiver de la processionnaire du pin de la station étudiée Sidi-Ghiles (forêt de Pin d'Alep) :

Source	DF	SS	MS	F	P
Répétition	29	92.68	3.196		
Orientation	3	979.16	326.386	81.81	0.0000
Error	87	347.09	3.990		
Total	119	1418.93			

Grand Mean 3.9750 CV 50.25

CHAPITRE 04 : RESULTATS

Les moyennes des nids d'hiver sont significativement très différentes les unes des autres au niveau des sites forestiers Sidi Ghiles respectives ($P < 0.000$).

Orientation Moyenne Groupe homogènes

Sud	8.4667	A
Est	4.4333	B
Ouest	1.5333	C
Nord	1.4667	C

Le test LSD des étendues multiples a été réalisé et a mis en évidence Trois (3) groupes (A, B, et C.) homogènes identifiés dans lesquels les moyennes ne sont pas significativement différentes les unes des autres.

Alpha 0,05 Erreur type de comparaison 0,5157. Valeur critique pour la comparaison 1,0251

Terme erroné utilisé : rep*Orientati, 87 DF. Des variations des nids d'hiver étaient enregistrées.

Le premier groupe est formé par une seule orientation à savoir : Sud.

Le deuxième groupe également est formé par une seule orientation: Est.

Le troisième groupe est constitué par une seule exposition qui est Ouest.

Tableau 10: Analyse descriptive des nids d'hiver observés au niveau des pinèdes de Sidi Ghiles commune Arib :

	N	Intervalle	Minimum	Maximum	Somme	Moyenne	Ecart type	Variance
	Statistique							
SUD	13	0,7	0,27	0,97	8,48	0,6523	0,18285	0,0332
EST	13	0,23	0	0,23	1,48	0,1138	0,06983	0,0048
OUEST	13	0,43	0,17	0,6	4,44	0,3415	0,13564	0,0184
NORD	13	0,37	0	0,37	1,53	0,1177	0,10084	0,0112
N valide (listwise)	13							

CHAPITRE 04 : RESULTATS

En conclusion pour les deux stations forêt de cèdre et forêt de pin d'Alep, l'analyse de la variance fait apparaitre une différence très hautement significative concernant l'orientation des nids d'hiver ($p=0,0000$) ce sont les nids exposées au sud qui semblent les plus infestées, alors que celles exposées au nord le sont nettement moins.

4.4. Répartition des nids d'hiver de la chenille processionnaire par exposition :

4.4.1. Forêt de cèdre El-Mroudj (Ain-Ennsour) :

Selon le facteur d'exposition, le nombre d'arbres envahis par la processionnaire du pin et le taux d'infestation varient respectivement de 197 à 78 et de 50,5 % à 20 %. Les observations montrent que l'exposition Sud reste la plus favorable à l'insecte ravageur avec un total de 732 nids ainsi que l'exposition Ouest avec un nombre total de 617 nids (Tableau 11 Et Figure 30).

Tableau 11: Taux d'infestation parla processionnaire du pin etpar exposition

Exposition	SUD	NORD	EST	OUEST
nombre d'arbre échantillonnés	390	390	390	390
Nombre d'arbres infestés	197	78	108	131
Taux d'infestation%	50,5 %	20,0 %	27,7 %	33,6 %

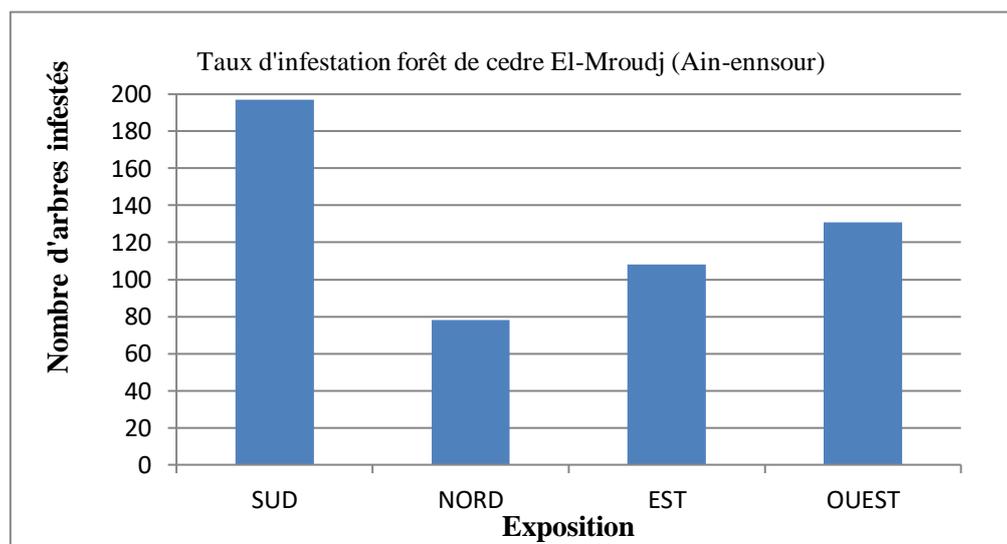


Figure 31 : Nombre d'arbres infestés par la processionnaire du pin en fonction de leur exposition dans la zone de cédraie El-Mroudj (Ain-ennsour).

CHAPITRE 04 : RESULTATS

4.4.2. Forêt de Pin d'Alep Sidi-Ghiles:

Le nombre d'arbres envahis par la processionnaire du pin et le taux d'infestation varient respectivement de 189 à 43 et de 24,04 à 26, 35%. L'exposition Sud de meulera plus favorable avec un totale de 254 nids (Tableau 12 et Figure 31). Les données d'observations sont presque similaires pour les deux plantes hôtes.

Tableau 12: Taux d'infestation par la processionnaire du pin et par exposition

Exposition	SUD	NORD	EST	OUEST
nombre d'arbre échantillonnés	390	390	390	390
Nombre d'arbres infestés	189	43	108	43
Taux d'infestation %	48,5 %	11,0 %	27,7 %	11,0 %

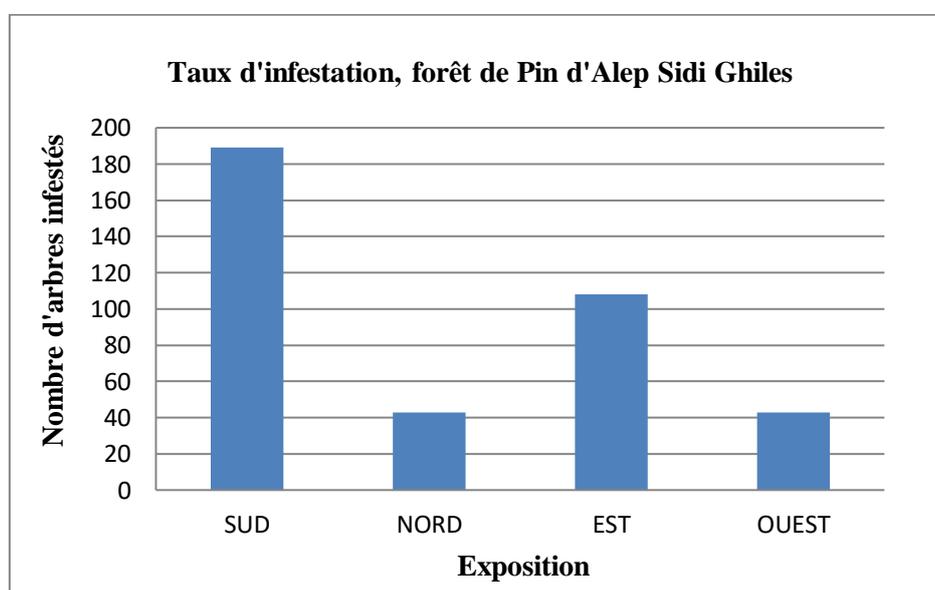


Figure 32: Nombre d'arbres infestés par la processionnaire du pin en fonction de leur exposition dans la zone de pinèdes Sidi-Ghiles (Arib)

En conclusion, les îles les plus importantes ont été observées aux stations exposées au sud pour les deux plantes hôtes. Cependant, le taux d'infestation significativement élevé par la

CHAPITRE 04 : RESULTATS

chenille est enregistré dans la forêt de cèdres. Notre étude a montré une forte infestation presque similaire chez les deux plantes hôtes dans la forêt de cèdres à El-Mroudj ou dans la pinède à Sid Ghiles. Toutes les observations et enregistrements tout au long de la période hivernale et printanière se caractérisent par une forte abondance de nids. Le nombre moyen de nids par arbre est de 1,62 en forêt de cèdres et de 1,22 en forêt de pins d'Alep. Il semble que la stratégie de la processionnaire du pin dans le choix de l'emplacement des nids en exposition sud s'adapte aux conditions climatiques notamment l'ensoleillement. La processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* cherche les parties les plus ensoleillées pour installer son nid d'hiver. Les figures X et Y montrent le nombre d'arbres infestés incluant l'orientation des nids par rapport aux quatre points cardinaux avec une concentration du nombre de nids comptés dans la direction sud.

Ces dernières stations enregistrent un nombre plus important de nids d'hiver orientés vers l'Ouest dans le site forestier Cédraie à El-Mroudj, soit 36,6 % le taux d'infestation, par contre au niveau du site de la pinède à Sidi Ghiles, un nombre plus important de nids d'hiver ont été enregistrés vers l'Est. Cela est dû à l'exposition de la zone d'étude qui est toujours reliée à la partie la plus ensoleillée. Dans la station El-Mroudj, la direction cardinale Ouest vient en deuxième position en termes de nombre d'arbres infestés, toutefois la station Sidi-Ghiles c'est la direction cardinale Est. On remarque que le deuxième choix de *T. pityocampa* s'est orienté soit vers l'Ouest ou vers l'Est. Par ailleurs, l'exposition Nord n'est plus la direction recherchée pour le positionnement des nids d'hiver car les conditions climatiques sont généralement défavorables et le choix de l'exposition est une stratégie qui permet à l'insecte de profiter de meilleures conditions pour avoir le meilleur développement larvaire.

En ce qui concerne les plantes hôtes, le nombre de nids est très élevé dans la cédraie d'El-Mroudj (Ain-Ennsour) par rapport à la pinède de Sidi Ghiles. Cela peut être lié à la qualité des aiguilles de cèdre, qui met en danger cette espèce qui représente l'espèce la plus adaptée à la région de Miliana. Il apparaît que les mesures de protection de cette espèce doivent tenir compte de tous les facteurs de risque pouvant menacer l'existence des cédrières dans cette région. Il est important de renforcer les services de l'administration forestière en ressources matérielles et humaines afin de protéger tous ces écosystèmes.

CHAPITRE 04 : RESULTATS

4.5. Répartition des nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre :

5.5.1. Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre :

Tableau 13: ANOVA des hauteurs des nids d'hiver (forêt de cèdre) :

Source	Df	ss	Ms	f	P
Répétition	4	53.333	13.3333		
Hauteur	2	102.533	51.2667	2.94	0.1103
Résiduelle	8	139.467	17.4333		
Total		14			

Grand moyen 13.333

CV 31.31

Les classes des hauteurs d'emplacement des nids ne sont pas significatives ($P=0.1103$, Tab14). Cela peut être dû au relief de la zone d'étude, les prélèvements de l'emplacement des nids au niveau des sites forestiers de la forêt de cèdres est située sur un terrain presque plat, ils ont la même altitude.

Tableau 14: Test de comparaisons par paires LSD de Total des nids pour les classes Hauteurs (cèdre) :

Classes	Moyenne	Groupe Homogènes
C2	16.600	A
C1	13.200	AB
C3	10.200	B

Valeur T critique 2, 306 Valeur critique pour la comparaison 6,0895

Terme d'erreur utilisé : Rep*Classes, 8 DF

Il existe 2 groupes (A et B) dans lesquels les moyennes ne sont pas significativement différents les uns des autres. En revanche, on remarque que la chenille processionnaire préfère la classe de taille (hauteur) moyenne (C2) pour la localisation des nids sur la plante hôte du cèdre.

Tableau 15 ANOVA des hauteurs des nids d'hiver (forêt de pin d'Alep):

CHAPITRE 04 : RESULTATS

source	DF	SS	MS	F	P
Répétition	4	76.933	19.233		
Classes (hauteur)	2	516.133	258.067	6.79	0.0189
Résiduelle	8	303.867	34.983		
Total	14	896.933			

On constate que l'emplacement des nids par la chenille processionnaire du pin est significative par rapport à la hauteur des arbres ($p= 0,0189$ Tab 15), peut être due au fait que la zone d'étude est en pente et vallonnée, autrement dit altitudes différentes des sites échantillonnés.

Tableau 16: Test de comparaisons par paires LSD de Total des nids pour les classes Hauteurs (pin d'Alep) :

Classes	Moyenne	Groupe Homogènes
C1	17.800	A
C2	13.600	A
C3	3.800	B

Valeur T critique 2 306 Valeur critique pour la comparaison 8,9885

Terme d'erreur utilisé : Rep*Classes, 8 DF

Il existe 2 groupes (A et B) :

- Le premier groupe est formé par une seule classe de hauteur à savoir : C1 la chenille processionnaire préfère les branches les plus basses.

CHAPITRE 04 : RESULTATS

- Le deuxième groupe également est formé par une seule classe de hauteur de taille moyenne : C2.

CHAPITRE 5 :

DISCUSSION

CHAPITRE 05 : DISCUSSION

CHAPITRE 05 : DISCUSSION

L'objectif de notre travail est de fournir le plus d'informations possible sur les infestations de la processionnaire du pin dans la cèdre d'El-Mroudj (Ain-ennsour) commune Miliana et dans la pinède de Sidi-Ghiles commune Arib de la wilaya de l'Ain - ennsour Ain-Defla. Les données recueillies permettent de déterminer l'abondance des nids d'hiver dans les milieux enquêtés et la répartition de cette espèce selon plusieurs variables : exposition, altitude et hauteur des plantes hôtes. Mais nous n'avons pris en considération que l'exposition variable. L'échantillonnage a été réalisé aléatoire, 13 sites dans la cédraie et 13 sites dans la pinède. Les écosystèmes forestiers sont une richesse naturelle, soumise à différentes variables qui conditionnent leur diversité et leur productivité. En Algérie, les massifs forestiers couvrent une superficie d'environ 4,1 millions d'ha, dont 1.3 millions sont des forêts naturelles. Le reste représente les maquis, les matorrals, les reboisements et les terres improductives (FAO, 2000), le pin d'Alep occupe la première place dans ce domaine forestier avec 22% de couverture d'environ 880 000 ha. Le cèdre de l'atlas, espèce essentiellement montagnarde, occupe des surfaces d'importance inégale et forme spontanément en Afrique de Nord représenté par *Cedrus atlantica manetti*, comprend l'Atlas marocain et l'Atlas Algérien (M'hirt, 1999). En Algérie, le cèdre occupe une surface d'environ 30 000 ha répartie sur deux ensembles naturels, d'écologie sensiblement différente : le premier est localisé sur les montagnes littorales (atlas tellienne) bien arrosées (Babors, massif de Djurdjura, l'Atlas Blidéen, Ouarsenis), ce sont les cédraies humides. Le second ensemble est le plus important du point de vue superficie, il occupe les montagnes méridionales continentales de l'Atlas saharien, ce sont les cédraies sèches. Il est représenté à l'Est par les cédraies des Aurès qui couvrent 17 000 ha environ, réparties entre les massifs de Chélia, du Belezma et de l'Hodna. Ces dernières sont réparties en cantons isolés couvrant environ 8 000 ha (Nedjahi, 1988). Outre les pertes dues principalement aux facteurs de dégradation anthropique, aux incendies et à la surexploitation, la chenille processionnaire du pin, *Thaumetopoea pitycampae*, est considérée comme le principal insecte défoliateur des conifères du genre pinus et cedrus. Les forêts de cèdre en Algérie sont menacées par plusieurs ennemis sont : les insectes, les champignons et les incendies. Parmi les insectes, on peut citer la chenille processionnaire du pin qui cause des dégâts plus importants, les pucerons aussi qui causent des défoliations plus ou moins importantes. Ses

CHAPITRE 05 : DISCUSSION

pullulations sont temporaires avec des défoliations non négligeables dans les forêts naturelles, mais les plus sévères sont observées dans les reboisements (**Zamoum, 1998**). D'après les travaux de **Sbabdji en (2011)**, qui indiquent une reconstitution de feuillage des arbres de cèdre au moment où les chenilles accomplissent leur développement et cessent de s'alimenter, nous pouvons conclure que les feuilles de cèdre sont plus résistantes aux attaques des chenilles que celles du pin d'Alep (**Sbabdji, 2011**).

Les résultats obtenus ont montré que la chenille processionnaire du pin installe de préférence ses nids d'hiver sur les parties exposées au sud et à l'ouest et parfois à l'est. On peut également justifier que la processionnaire du pin préfère les versants d'exposition à longue durée d'intensité solaire, et c'est ce qui caractérise les deux orientations Sud et Ouest. Nos résultats, toutefois, ont confirmé une relation entre la densité de la population et le choix de l'orientation cardinale et que les expositions Sud et ouest sont les plus recherchées par la chenille processionnaire du pin. Les infestations les plus importantes dans les pinèdes de la région de Tipaza ont été constatées au niveau des stations exposées au Sud, tandis que les pineraies exposées plus au Nord, manifestent des infestations beaucoup moins importantes (**Bouzar-Essaidi. k 2013**). Selon **Huchon et Démolin (1970)**, les femelles gravides font un choix sélectif au sein du peuplement, en comparant le diamètre et la structure des aiguilles. **Pérez-Contreras et al, (2014)** affirment que le choix des arbres pour la ponte est lié à leur état de santé et les femelles adultes préfèrent l'extrémité du houppier la plus exposée à la lumière pour la ponte.

La distribution des nids d'hiver est influencée par l'exposition et la hauteur des arbres. En effet le nombre des nids d'hiver observés est très élevé dans les deux plantes hôtes prospectés. En conséquence, les résultats ont montré que le nombre total de nids comptés sur 780 arbres est de 2971 nids ce qui correspond environ à 4 nids par arbre. Il paraît que la stratégie de la chenille processionnaire du pin dans le choix de l'emplacement des nids s'ajuste aux conditions environnementales, notamment à l'exposition des arbres.

Selon les facteurs considérés, l'altitude reste un facteur prédominant dans la répartition des nids d'hiver. Les résultats obtenus à la station El-Mroudj (Ain-ennsour) dans la zone de Miliana montrent que les sites prospectés à 700 m d'altitude caractérisés par la cédraie sont les plus propices à la construction de nids avec un taux plus élevé de 30 %. Le climat est un facteur important agissant sur l'abondance des populations de *Thaumetopoea* qui dominant largement en période automnale et hivernale. La chenille processionnaire du pin se rencontre dans tous les pays de la méditerranée occidentale et se répand actuellement

CHAPITRE 05 : DISCUSSION

dans les latitudes supérieures probablement en réponse au changement climatique avec des températures hivernales croissantes (**Huchon et Démolin, 1970 ; Battisti et al., 2005 et Robinet et al, 2010**). **Démolin(1969)** a noté que la processionnaire fuit les fortes températures de l'été par la colonisation des sites de haute altitude .

Par ailleurs, il faut signaler que la distribution géographique de cette espèce est en grande partie contrôlée par les températures minimales hivernales (**Battisti et al., 2005; Huchon et Démolin, 1970**). Il a été montré que la hausse des moyennes des températures minimales durant les mois les plus froids permettait à la chenille processionnaire du pin de mieux survivre à la limite Nord de son aire de distribution et à sa limite altitudinale en Europe, ce qui lui permet de se propager **Huchon et (Démolin, 1970), Robinet, (C. et al, 2015)**. Les mêmes auteurs indiquent que les températures maximales de l'été peuvent avoir un effet négatif sur la chenille processionnaire.

Des études menées par (**Démolin 1969**) ont montré qu'au niveau du même peuplement de pin, la taille des arbres joue un rôle prépondérant dans l'attraction de l'insecte lors de la ponte. (**Khoudja 1997**) a trouvé que la fréquence et l'intensité d'attaque sont étroitement liées à la hauteur des arbres de pin d'Alep. Le choix d'un profil d'arbres bien particulier par les femelles pondueuses se dirigent en vol vers les arbres se découpant en silhouette sur fond clair (**Zamoum, 1998, Zovi et al 2005**) et montrent ainsi une attraction très nette vers les arbres isolés ou de crêtes. En effet, (**Demolin 1969**) note que les femelles de la chenille processionnaire du pin, après accouplement vont se diriger vers les arbres se découpant en silhouette sous le plus grand angle, les femelles seront attirées vers le haut des arbres et les pontes seront déposées en cime ou sur les branches moyennes. Il ajoute que dans les zones en pente et vallonnées, telles que les pinèdes de Sidi-Ghiles un très faible pourcentage de femelles pondra des œufs sur les arbres les plus hauts, nous avons constaté que l'emplacement des nids par la chenille processionnaire du pin est significatifs par rapport à la hauteur des arbres.

(**Sghaier et al. 1999**) qui ont montré qu'en tenant compte de la hauteur des arbres et la variabilité de la provenance (origine) du point de vue intensité d'infestation (nombre de nids) permet de constater que la taille des arbres joue un rôle prépondérant dans l'attaque par la chenille processionnaire du pin. La hauteur de la forêt peut avoir une influence sur la distribution des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin quand il s'agit de la même région (**Ziouch et al; 2017**). Dans une telle étude, le nombre de nids d'hiver ne

CHAPITRE 05 : DISCUSSION

semble pas être affecté par l'effet de l'altitude et de la hauteur des arbres. Selon **(Ziouch et al.2017)**, les chenilles installent leurs nids d'hiver sur des branches exposées sud et ouest, sur des arbres situés entre 698m et 928m d'altitude. Par contre, au niveau de la cédraie d'EL-Mroudj de Miliana, les hauteurs d'emplacement des nids ne sont pas significatives. Cela peut être dû au relief car la forêt de cèdres est située sur un terrain presque plat, à la même altitude. Le choix du positionnement des nids d'hiver par femelles de la chenille processionnaire du pin, ne semble pas être affecté par la hauteur des arbres infestés du cèdre, car selon nos résultats, les arbres se trouvant dans les sites étudiés et qui présentent une hauteur moyenne de 5 à 15 m ont enregistré un nombre de nids presque similaires avec respectivement une moyenne de $1,02 \pm 0.01$ nids/arbre.

CONCLUSION

CONCLUSION

CONCLUSION

La processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) est l'un des importants insectes ravageurs des pinèdes et des cédraies en Algérie, dans tout le bassin méditerranéen et en Europe centrale. Ce ravageur est responsable de plusieurs dégâts naturels et humains. En effet, en étant une espèce polyphagie, la chenille peut se nourrir pendant son stade larvaire sur plusieurs espèces de pin et de cèdre. L'affaiblissement des forêts peut réduire leur résistance contre d'autres ennemis des forêts, L'arbre se trouve affaibli et est donc plus vulnérable aux attaques d'autres ravageurs.

Les chenilles processionnaire du pin sont capables de s'adapter afin de compenser d'éventuelles variations climatiques, comme l'illustre la construction et l'orientation du nid d'hiver, permettant d'allier l'effet de masse. Une cartographie de la répartition de l'insecte, des zones à risque et le bioclimogramme correspondant seraient également judicieux à étudier. Ainsi en tenant compte de tous les paramètres pouvant influencer sur la dynamique de population de l'insecte (Altitude, Exposition, topographie, structure du peuplement...), les stratégies d'avertissement permettraient de déterminer une meilleure date pour traiter et obtenir ainsi un impact sur le plus grand nombre de larves possibles. La dynamique des infestations de processionnaires du pin est notamment liée à son adaptation et sa capacité potentielle à se propager. Ces caractéristiques confèrent aux populations une performance leur permettant d'intégrer l'ensemble des facteurs environnementaux dans leur développement. D'après les données recueillies, le nombre de nids d'hiver de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) recensés varie entre les stations forestières prospectés en pinède et en cédrrière. Cette variabilité est régie par plusieurs facteurs, entre autres, l'exposition et la hauteur des nids par rapport à l'arbre, ainsi que l'altitude qui ont fait l'objet de nos études.

Les résultats obtenus ont montré que les sites d'exposition Sud sont les plus infestées et les effectifs les plus importants dénis d'hiver ont été dénombrés et constatés sur la partie orientée Sud de l'arbre pour les deux plantes hôtes.

Les travaux de recherche menés à la station de la pinède de Sidi-Ghiles montrent que les parties inférieure et médiane des arbres sont les plus recherchées par la chenille processionnaire du pin pour l'installation de ses nids d'hiver, Le nombre de nids d'hiver diminue avec la hauteur des arbres. Par contre, dans la cédraie de Miliana, aucune n'influence les parties inférieure, moyenne ou supérieure de l'arbre pour l'installation de

CONCLUSION

ses nids d'hiver. Ces informations, qui seront fournies par une nouvelle prospection dans les deux stations forestières de Sidi Ghiles (Arib) et ElMroudj Ain-ennsour (Miliana), combinées aux informations fournies par l'étude de la dynamique des infestations à travers la répartition des nids de l'hiver, peut contribuer à la notification du potentiel de colonisation de *T. pityocampa* et à l'élaboration de stratégies de lutte contre ce ravageur et de surveillance régulièrement nécessaire qui permettront d'assurer une meilleure protection de nos forêts.

Référence bibliographiques

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

1. **DEMOLIN G.**, 1969c - La processionnaire du pin. *Note d'information sur a. la biologie et sur les techniques de lutte.*
2. **GACHI, M. KHBMICI, M. ZAMOUM. M.** NOTE SUR LA PRESENCE EN ALGERIE DE LA PROCESSIONNAIRE DU CEDRE : *Thaumetopoea bonjeani* POWELL (LEPTOPTERA, THAUMETOPOETDAE) Laboratoire d'Entomologie, I.N.R.F. Bainem BP. 37 Chéraga, Alger.
3. **Gallais A. & Bannerot H.**, 1992 - Amélioration Des Espèces Végétales Cultivées. Objectifs Et Critères De Sélection. Ed. Quae. 768p.
4. **Girardet P.**, 1985 : Guide De Botanique Forestière. 3ème Ed. Nancy. E.N.E.F.: 241p.
5. **Greuter W., Burdet H.M. & Long G.** 1984. Med-Checklist, Vol.1, Editions Conservatoire Etjardinbotaniques De La Ville De Genève, Pp. 31-32
6. **Guit, B., B. Nedjimi, Et Al. (2015).** "Dendroécologie Du Pin D'alep (*Pinushalepensis* Mill.) En Fonction Des Paramètres Stationnels Dans Le Massif Forestier De Senalba (Djelfa, Algérie)."
7. **HEZIL. S.** 2019. Expansion de la processionnaire du pin et de ses parasites embryonnaires dans les pinèdes de la région de Djelfa. Thèse Doctorat en Sciences Agronomiques. Ecole Nationale Supérieure Agronomique – El-Harrach – Alger. P140
8. **HOCH, G., TOFFOLO, E.P., NETHERER, S., BATTISTI, A., & SCHOPF, A.** 2009 Survival at low temperature of larvae of the pine processionary moth *Thaumetopoeapityocampa* from an area of range expansion. *Agricultural and Forest Entomology*, 11: 313-320.
9. **HUCHON H., DEMOLIN G.**, 1970 - La bioécologie de la processionnaire du pin. Dispersion potentielle-Dispersion actuelle. *Rev.For.Fr.* n°spécial "La lutte biologique en forêt", 220-234.
10. **Huchon, H. And G. Demolin (1970).** "La Bioécologie De La Processionnaire Du Pin: Dispersion Potentielle, Dispersion Actuelle."

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

Revue Forestière Française, 1970, S, Fascicule Thématique" La Lutte Biologique En Forêt".

11. **Jacamon M., 1987** - Guide De Dendrologie. T 2. Feuillus .Ed. E.N.G.R.E.F, Nancy. 256p.
12. **JACQUET, J. S., ORAZIO, C., & [JACTEL, H.](#)** (2012). Defoliation by processionary moth significantly reduces tree growth: a quantitative review. *Annals of forest science*, 69(8), 857-866
13. **JACTEL H, MENASSIEU P, VETILLARD F, BARTHELEMY B, PIOUS D, FEROT B, ROUSSELET J, GOUSSARD F, BRANCO M, BATTISTI A. (2006)** Population monitoring of the pine processionary moth (Lepidoptera : Thaumetopoeidae) with pheromone-baited traps. *Forest Ecology and Management* 235: 96-106.
14. **Jaquiot A., 1955** : Atlas D'anatomie Des Bois Des Conifères, Centre Technique Du Bios. (241) : 318 P.
15. **Kadik B., 1987** : Les Espèces Ligneuses A Usage Multiple De La Zone Méditerranéenne, Rapport De Mission, Saragosse, Espagne : 41p.
16. **Kadik B., 1987**: Contribution A L'étude Du Pin D'alep (*Pinushalepensis* Mill) En Algérie. Ecologie, Dendrométrie, Morphologie. O.P.U. Alger : 50-145 P. 78.
17. **KERDELHUE C., ZANE L., SIMONATO M., SALVATO P., ROUSSELET J., et ROQUES A., A., 2009** - Quaternary history and contemporary patterns in a currently expanding species. *BMC Evolutionary Biology*, 9, 220.
18. **KERRIS T., 1983.** La processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Note technique I.N.R.F. 17 pp.
19. **Krouchi F., 2010** - Etude De La Diversité De L'organisation Reproductive Et De La Structure Génétique Du Cèdre De L'atlas (*Cedrus atlanticus*) En Peuplement Naturel Tala-Guilef, Djurdjura Nord-Ouest, Algérie. Thès. Doc. Univ. Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. 227p.
20. **Laleg, A. (2017).** "Interpolation Spatiale Des Températures Mensuelles En Algérie Orientale." Rubrique: Climatologie.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

21. **Lautrech N. B. 1982** : Cours De Sylviculture Approfondie. I.N.A. Alger : 22 P.
22. **Le Houerou H. N., 1975** - Deterioration Of The Ecology In The Arid Zones Of North Africa. Fao, Rome. Pp : 45-57.
23. **LINDNER M., GARCIA-GONZALO J., KOLSTRO`M M., GREEN T., REGUERA R., MAROSCHEK M.,SEIDL R., LEXER M.J., NETHERER S., SCHOPF A., KREMER A., DELZON S., BARBATI A., MARCHETTI M. & CORONA P., 2008.** : Impacts of climate change on European forests and options for adaptation. Report to the European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development, November 2008.
24. **M'hirit O., 1982** - Etude Ecologique Et Forestière Des Cédraies Du Rif Marocain. Essai Sur Une Approche Multidimensionnelle De La Phytoécologie Et De La Productivité De Cèdre (*Cedrusatlantica*. Manetti).Ann. Rech. Forest. Maroc, T 22. 502p.
25. **M'hirit O., 2006** - Le Cèdre De L'atlas : Mémoire Du Temps. Ed. Mardaga.288 P.
26. **M'HIRIT. O. 1999.** Le cèdre de l'atlas à travers le réseau Silva méditerranée «cèdre». Bilan et perspectives. Forêt méditerranéenne. Ann. Rech. For Maroc. Spécial. XX n° 3, P99.
27. **Maire R., 1962:**Carte Phytogéographique De L'algérie Et De La Tunisie. Avec Notice Alger : 78 P.
28. **Makhloufi L. & Sadi S., 2002:** Impact De La Processionnaire Du Pin (*Thaumtopoeapityocampashiff*) Sur La Croissance Du Pin D'alep (*Pinushelepnensis* Mill) Danss La Région De Ain-Abessa (Sétif). Mémoire D'ing. Biologie Sétif. 24p.
29. **MARTIN J.C. 2005.** La processionnaire du pin : *Thaumtopoea pityocampa* (Denis et Schiffermüller). Biologie et protection des forêts. INRA Avignon.61p.
30. **Martin J.C., 2005:** La Processionnaire Du Pin : *Thaumtopoeapityocampa*(Denis Et Schiffermüller). Biologie Et

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

Protection Des Forêts. Synthèse Des Recherches Bibliographiques Et Des Connaissances, Inra Avignon.

31. **Martin J.C., 2007: La Chenille Processionnaire Du Pin.** In : Dossier : La Chenille Processionnaire Du Pin.
32. **MARTIN J.C., BONNET C., MAZET R.** 2007. La processionnaire du pin : vers un contrôle écologique et raisonné. In : conférence sur l'entretien des espaces verts, jardins, gazons, forêts, zones aquatiques et autres Zones Non Agricoles. Angers (France).
33. **Meddour R., 1994** - La Cédraie De L'atlas Blidéen (Algérie). Valeur Bioclimatique Syntaxonomique Et Dynamique. Ann. Rech. For. Maroc. T 27. Pp : 105-127.
34. **Mezali M., 2003:** Rapport Sur Le Secteur Forestier En Algérie. 3ème Session Du Forum Des Nations Unis Sur Les Forêts, 9 P.
35. **MEZALI, M. (2003)** : Rapport sur le secteur forestier en Algérie. 3ème session du forum des Nations Unis sur les forêts, 9 p.
36. **MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE (FRANCE), 2007** - Département de la santé des forêts. Echelon technique Sud - Est. Méthodes de lutte contre la chenille processionnaire du pin en forêt. Information technique N° 57 Octobre 2007. [10http://agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/thaupit.pdf](http://agriculture.gouv.fr/spip/IMG/pdf/thaupit.pdf)
37. **Monod, T. (1992).** "Du Désert." Science Et Changements Planétaires/Sécheresse 3(1): 7-24.
38. **Mutin, G. (1977).** La Mitidja: Décolonisation Et Espace Géographique, Editions Du Cnrs.
39. **Nadjahi M. (1988).** La Croissance Et La Productivité Du Cèdre De L'atlas A Chréa, Ann. Rech.Forest. Algérie, Vol2, Pp23.
40. **NAHAL I., 1962–** Le pin d'Alep (*Pinus halepensis Mill.*). Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. Ann. Ecole eaux et forêts. Sta.Rech. Tom XIX. Fasci 4. Exp.19(4). 208p.
41. **Nahel E., 1962** : Le Pin (*Pinushalepensis Mill.*). Etude Taxonomique, Phyto-Ecologie, Ecologie Et Sylvicole. Ann. E.W.E.F. Tom Xix. Fasci 4 : 192-208.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

42. **NEDJAH A., 1987a:** La cédraie de Chréa (Atlas Blidéen). Phénologie – productivité – régénération. Thèse. Doct., université de Nancy 77p
43. (note sur la presence en algerie de la processionnaire du cedre; *thaumetopoea bonjeani powell* (leptoptera, *thaumetopoetdae*) m, gachi, m. khbmici, m. zamoum laboratoire d'entomologie, i.n.r.f. bainem bp. 37 chéraga, alger).
44. **Parde J., 1957:** La Productivité Des Forêts De Pin D'alep En France. Ann. E.N.E.F De La Stat. Rech. Expér. 15 (2), 367-414.
45. **PIMENTEL C.S.M.G., 2004-** Pine ProcessionaryMoth (*Thaumetopoea pityocampa*) and Great Tit (*Parus major*) in Portugal: Population Dynamics and Interactions. Thèse Doctorat, Univer. Nova de Lisboa, Portugal, 267p.
46. **PLAMEN MIRCHEV, MIRZA DAUTBAŠIĆ, OSMAN MUJEZINOVIĆ, GEORGI GEORGIEV, MARGARITA GEORGIEVA, PETER BOYADZHIEV**, 2015. Structure of Egg Batches, Hatching Rate and Egg Parasitoids of the Pine Processionary Moth, *Thaumetopoeapityocampa*(Denis and Schiffermüller, 1775) (Lepidoptera: Notodontidae), in Bosnia and Herzegovina. *Article. Acta zoologicaBulgarica*. 2015: 579-586.
47. **Pons A Et Quezel P,** (1958). Premières Remarques Sur L'étude Palynologique D'un Guano Fossile Du Hoggar. Compte Rendu Des Séances De L'académie De Sciences. 244, Pp.
48. **Quezel P Et Medail F.,**(2003). Écologie Et Biogéographie Des Forêts Du Bassin Méditerranéen, Elsevier, Collection Environnement, Paris, 573 P.
49. **Quezel P. & Santa S., 1962** - Nouvelle Flore De L'algerie Et Des Régions Désertiques Méridionales. Ed. Centre National De La Recherche Scientifique T 1. 618p.
50. **Quezel P., 1980** - Le Peuplement Végétal Des Hautes Montagnes D'afrique Du Nord. Ed. Le Chevalier. Pp 205-256.
51. **Quezel P., 1980:** Biogéographie Et Ecologie Des Conifères Sur Le Pourtour Méditerranéen Actualités D'écologie Forestière Sol, Flore, Faune. Ed. Gauthier Villars. Paris : 205-255. 118.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

52. **Quezel P., 1986:** Les Pins De Groupes Halepensis ; Ecologie, Végétation. Ecophysiologie. Ed. Gauthier Villars. Paris : 822p.
53. **QUEZEL P., 1986:** Les pins de groupes halepensis ; Ecologie, Végétation. Ecophysiologie. Ed. Gauthier villars. Paris : 822p.
54. **QUEZEL P., MEDAIL F., LOISEL R. ET BARBERO M.1999.** Biodiversité et conservation des essences forestières du bassin méditerranéen. *Unasyuva*, 197:21-28.
55. **QUEZEL, P., ET MEDAIL, F. (2003).** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier Collection Environnement, Paris, 573 p.
56. **RAMADE F., 1997.** La conservation des écosystèmes méditerranéens, aménagement et nature 121: 24-32 .
57. **Ramade, F. (1984).** "Effet D'une Pollution Chronique Des Eaux Continentales Sur La Structure D'un Peuplement." Exposé Présenté Le 16: 3-1984.
58. **RIVIERE J., 2011-** Les chenilles processionnaires du pin : évaluation des enjeux de santé animale. *Thèse. Doctorat.Vétérinaire.* 197 p.
59. **Rivière, J. (2011).** Les Chenilles Processionnaires Du Pin: Evaluation Des Enjeux De Santé Animale
60. **ROBREDO F., 1963.** La nymphose chez *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *Boletín del Servicio de Plagas Forestales* 12, 122-129.
61. **Roche E, (2006).** Palynologie De La Région Méditerranéenne. Université De Liège. Notes Decours, Inédit.
62. Schiff. Dispersion spatiale, importance écologique. – *Annales des Sciences Forestières*, 26(1): 81-102.
63. **SCHMIDT G.H. & DOUMA P.E., 1989:** contribution to parasitism of egg batches of *Thaumetopoea pityocampa* (Denn. & Schiff.) (Lepidoptera Thaumetopoeidae) on the Peloponnes (Greece). *Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura*, 21, 141-151.
64. **SEBTI. S 2011.** caractéristiques biologiques et écologiques de la processionnaire, *thaumetopoea pityocampa* schiff (lepidoptera :

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

- thaumetopoeidae*) sur le cedre de l'atlas *cedrus atlantica* manetti dans le parc national de chrea. Thèse Mag.univ. Blida. Algérie. 120P.
- 65. Seigue A., 1985:** La Forêt Circum Méditerranéenne Et Ses Problèmes. Ed. Maison Neuve Et Larose. Paris. 502 P.
- 66. SEIGUE, 1985.** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Ed. Maisonneuve et Larose. Paris. pp. 82 – 91.
- 67. Signification Bioclimatique Et Phytogéographique :** Dans Forêt Méditerranéenne, Vol. Xix, No 3, 1998, P. 251 (Issn 0245-484x).
- 68. Souleres G., 1969 :** Le Pin D'alep En Tunisie. Annales De L'inst. Nat. Rech. Forest. Tunisie. Vol 2. Fasc. 126 P.
- 69. TOFFOLO EDOARDO PETRUCCO, 2008:** Climate change and pine processionary moth, Role of the host plant. Thèse de doctorat en sciences agronomiques et environnementale, université de Padova, Italie, 86p.
- 70. Toth J., 1970 -** Plus Que De Centenaire Et Plein D'avenir : Le Cèdre En France. Rev. For. Fra. Vol. 22, N° 3. 355-364 P.
- 71. Toth J., 1971 -** Le Cèdre De L'atlas (*Cedrusatlantica* En France). Bull. Vulg. For. N° 4. Pp : 5-19.
- 72. Toth J., 1973 -** Premières Approches De La Production Potentielle Du Cèdre De L'atlas Dans Le Sud De La France. Rev. For. Fra. Vol. 25, N° 5. Pp : 381-389.
- 73. Toth J., 1978 -** Contribution A L'étude De La Fructification Et De La Régénération Naturelle Du Cèdre De L'atlas (*Cedrusatlantica* M) Dans Le Sud De La France. Thès. Doc. Univ. Aix Marseille, Marseille. 196 P.
- 74. Toth J., 1980.** Le Cèdre Iii. La Graine Des Plants En Pépinière, Reboisement, Régénération Naturelle. For. Pri., Rev. For. Euro. N° 132. Pp : 41-47.
- 75. Toth J., 1990 -** Le Cèdre Iii. Intérêt Paysage. Cédraie Touristique. Forêt Privée. N° 195. 8p.
- 76. Toth J., 2005.** Le Cèdre De France. Etude Approfondie De L'espèce. Paris, L'harmattan. Biologie. Ecologie, Agronomie. 207 P.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

- 77. Touchan R. Anchukaitis K. Meko D. Atalah S. Baisan C. & Aloui A., 2008** - Long Term Context For Recent Drought In Northwestern Africa. Geophy. Res. Lett. Vol. 35, N° 13.
- 78. 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.Vét., Nantes, N°097, 182p.
- 79. VEGA J.M., MONEO I., ARMENTIA A., CABALLERO M.L. et MIRANDA A.** 2004. Occupational immunologic contact urticaria from pine processionary caterpillar (*Thaumetopoeapityocampa*): 60-64.
- 80. ZAMOUM M. et DEMOLIN G.** 2005 – The life cycle of the pine processionary caterpillar in the bioclimatic conditions of a sub-Saharan region. Int. Nat. Rech. Agronom. France éditions, Paris France, 107-116.
- 81. ZAMOUM M., 1998** – Données sur la bioécologie, les facteurs de mortalité et la dynamique des populations de *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiffermüller. (Lep., Thaumetopoeidae) dans les pineraies subsahariennes de la région de Djelfa (Algérie). *Thèse de Doctorat, Université des Sciences de Rennes I*, France, 247 p.
- 82. ZAMOUM M., 1998.** Données sur la bioécologie, les facteurs de mortalité et la dynamique des populations de *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiffer Müller. (Lep., Thaumetopoeidae) dans les pineraies subsahariennes de la région de Djelfa (Algérie). Thèse de Doctorat, Université des Sciences de Rennes I, France, 247 p.
- 83. ZAMOUM M., 2002** – Quelques éléments pour la préservation de la santé des forêts en Algérie. Revue de la forêtalgérienne, n° 4, juil. 2002, 4-7.
- 84. Zergane, A. (2011).** Séparation Des Représentations Des Groupes De Lie Par Des Ensembles Moments, Dijon
- 85. ZHANG QH, SCHLYTER F, BATTISTI A, BIRGERSSON G, ANDERSON P** (2003). Electrophysiological responses of *Thaumetopoeapityocampa* females to host volatiles: implications for host selection of active and inactive terpenes. Journal of Pest Science 76 : 103-107.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

- 86. FAO 2000.** L'étude prospective du secteur forestier en Afrique : Algérie. Rapport FOSA.
- 87. M'hirit O. (1999).** Le cèdre à travers le réseau Silva Méditerranéa "Cèdre" Bilan et perspectives, Forêt méditerranéenne XX (3) : 99 - 100p.
- 88. BOUZAR ESSAIDI. K., 2013.** Modulation de la fitness de la processionnaire du pin (insecte : lepidopteres) et effets de l'anthropisation sur des stations a pinedes littorales. Approche d'une methode de lutte alternative contre ce ravageur. Mag. Université Blida (Algérie). 211p.
- 89. NADJAH M. (1988).** La croissance et la productivité du cèdre de l'Atlas à Chréa, Ann.
- 90.** Rech.Forest. Algérie, Vol2, Pp23.
- 91. Zamoum 1998.** Données sur la bioécologie, les facteurs de mortalité et la dynamique des population de *thaumetopoeapitycompa* Denis & Schiffermuller (*lep;thaumetopoeidae*) dans les pineraies subsahariennes de la région de djelfa (Algérie) .Thèse de doctorat de l'université de Rennes I,247pp .
- 92. Sbadji M., 2011.** Étude des infestations de la cédraie de Chréa par la processionnaire du pin, *Thaumetopoeapityocampa* Schiff: description spatiotemporelle et interaction arbredéfoliateur. Thèse de doctorat, ENSA, El Harrach, Alger.
- 93. Huchon H. et Demolin G. (1971) :** La bioécologie de la processionnaire du pin dispersion potentielle dispersion actuelle. F; F; XXII. Spécial *la lutte biologique en forêt* : 220-234 p.
- 94. T. Pérez-Contreras, J.J. Soler, M. Soler ,2014-** Host selection by the pine processionary moth enhances larval performance: an experiment, *Acta Oecol.* 55 (2014) 15–22.
- 95. Robinet C et al (2007):** Are heatwaves susceptible to mitigate the expansion of aspecies progress in gwithglobalwarming?In *Ecologyand Evolution*,
- 96. ROBINET C., ROUSSELET J., GOUSSARD F., GARCIA J., ROQUES A. (2010).** Modelling the range expansion with global warming

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

- of an urticating moth: a case study from France. In: Atlas of Biodiversity Risk. Settele J. et al. (eds.), Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, p. 86-87.
- 97. Robinet, C. M. Laparie, J. Rousselet, (2015).** Looking beyond the large scale effects of global change: local phenologies can result in critical heterogeneity in the pine processionary moth, *Front. Physiol.* 6 (334) (2015), <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2015.00334>
- 98. Khouja M.L. (1997) - Variabilité géographique du Pin d'Alep en Tunisie: perspectives d'amélioration de la productivité et de la qualité physique du bois.** Université Catholique de Louvain-la-Neuve (Belgique), Thèse de doctorat, 181 p.
- 99. Zovi D., Petruco Toffolo E., De Gol D., Schlyter F. & Battisti A. (2005).** Tree apparency and host location by *Thaumetopoea pityocampa* on *Pinus nigra*. Comm. Meeting Promoth, France, p. 23. In: UE RTD Project – Quality of Life and Management of Living Resources, Global change and pine processionary moth: a new challenge for integrated pest management, Promoth, QLK5-CT-2002-00852, Scientific programme and abstracts, Multifunctional management of forests, Belgodere, Calvi, Corsica, France.
- 100. Sghaier T., Khoudj M.L. et Ben Jamaa M.H., (1999) :** *Annales de l'INRGEF* 3 :21-31.
- 101. Ziouche, S., F. Baali, et , MOUTASSEM Dahouet DJAZOULI Zahr-Eddine (2017).** stratégies de choix de l'emplacement des nids d'hiver de *thaumetopoea pityocampa* (denis&schiffermüller, 1775) au niveau de trois pinèdes dans la région de bordj bouarreridj (algérie) " *AgroBiologia* 7(2): 412-426.
- 102. Abdessemed K., 1981 - Le Cèdre De L'atlas (Cedrus atlantica .Manetti) Dans Le Massif Des Aures Et De Belezma : Etude Phytosociologique, Problème De Conservation Et D'aménagement. Thé. Doc. Univ. Aix Marseille, Marseille . 199p.**
- 103. Abdessemed S., (2008)-Comportement Des Semis Du Cèdre De L'atlas En Conditions De Stress Thermique, Thèse Magister. Fac. Des Sciences De La Nature Et De La Vie, Université Mentouri Constantine .140p**

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

- 104. Abdessemed S., 2010** - Comportement Des Semis Du Cèdre De L'atlas En Conditions De Stress Thermique. Mém. Magistère, Univ. Mentouri, Constantine. 127p.
- 105. AGENJO R., 1941-** Monographie de la famille des *Thaumetopoeidae* (Lep.). *Eos*, 17, 69-12
- 106. Alileche A., 2012** - Etude Du Dépérissement Du Cèdre De L'atlas (Cedrusatlanticamanetti) Dans La Cédraie Des Aurès : Bélezma (Batna) Et Chélia (Khenchla). Mém. Mag. Univ. Houari Boumediene, Alger. 90p.
- 107. Amirat Y., 2016** - Analyse Structurale De La Cédraie En Quelques Points Du Djurdjura Nordouest (Thala-Guilef Et Thabourth-El-Inser). Mém. Magistère, Univ. Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. 78 P.
- 108. Ammari Y., Sghaier T., Khaldi A. &Garchi S., 2001** : Productivité Du Pin D'alep En Tunisie : Table De Production. Annales De L'ingref N° Spécial. Pp : 239-246.
- 109. ANONYME 01,2016.** DFGDirection générale des forets. Service statistique
- 110. ANONYME, 02. 2008.** Bilan de la lutte contre la chenille processionnaire du pin année 2007 en Algérie. Forums des Forestiers Algérien. Message N°17, 1P.
- 111. ANONYME.,** La chenille processionnaire du pin. France.Site web : http://www.chenilles-processionnaires.fr/chenille_processionnaire_du_pin.htm
- 112. Arbez M. Ferrandez P. & Uyar N., 1978** - Contribution A L'étude De La Variabilité Géographique Des Cèdres. Ann. Scien. For., Vol. 35, N°4. Pp :265-284.
- 113. Aussenac G., 1984** - Le Cèdre, Essai D'interprétation Bioclimatique Et Ecologique. Bull. Soc. Bot. Fr., Actuel Bot. N° 2-4. Pp : 385-398.
- 114. Azzouni A. 1980** - Etude De La Croissance Du Cèdre De L'atlas Introduit En Moyenne Altitude Dans L'atlas Tellien. Mém. Ing. Agro. I.N.A, El Harrach. 60p.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

115. **BARBARO L., ET BATTISTI A.**, 2011: Birds as predators of the pine processionary moth (*Lepidoptera: Notodontidae*). *Biological control*, vol. 56, PP 107-114
116. **BATTISTI A., BERNARDI M., & GHIRALDO C.**, 2000: Predation by the hoopoe (*Upupaepops*) on pupae of *Thaumetopoeapityocampa* and the likely influence on other natural enemies. *BioControl*, N°45, pp 311-323.
117. **BATTISTI A., LONGO S., TIBERI R. & TRIGGIANI O.**, 1998: Results and perspectives in the use of *Bacillus thuringiensis* Berl. var. kurstaki and other pathogens against *Thaumetopoeapityocampa* (Den. et Schiff.) in Italy (Lep., Thaumetopoeidae). *Anzeiger fur SchadlingskundePflanzenschutzUmweltschutz*, 71, 72-76.
118. **BATTISTI A., STASTNY M., BUFFO E., LARSSON S. & 2006:** A rapid altitudinal range expansion in the pine processionary moth produced by the 2003 climatic anomaly. *Global Change Biology* 12, 662–671.
119. **BATTISTI A., STASTNY M., NETHERER S., ROBINET C., SCHOPF A., ROQUES A., ET LARSSON S.**, 2005- Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. *Ecol. Applicat.*, 15(6), pp : 284-296.
120. **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, 2084-2096.
121. **Benabid A., 1994** - Biogéographie, Phytosociologie Et Phytodynamique Des Cédraies De L'atlas Cedrusatlantica (Manetti). *Ann. Rech .For .Maroc. T 27. Pp : 61-76.*
122. **Benhalima S.,(2006).** Les Insectes Xylophages Et leur rôle dans Le Déperissement Du Cèdre De L'atlas (Cedrus Atlantica (Endl.) Carrière) Dans Le Haut Et Le Moyen Atlas (Maroc), 2p
123. **Benmansour, A. (2008).** Contribution A L'étude Des Mécanismes De Défaillances De L'igt Sous Régimes De Fortes Contraintes Electriques Et Thermiques, Bordeaux 1.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

- 124. Benmbarek M., 1 985 :** Productivité Et Modèles De Croissance Du Cèdre De L'atlas (*Cedrusatlanticamanetti*) Et Construction Des Tables De Production Des Cédraies Du Rif. Mémoire De 3^{em}, Cycle, I Nstitut Agronomique Et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc, P. 124.
- 125. 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.
- 126. Bentouati, B. (2006).** Croissance, Productivité Et Aménagement Des Forets De Pin D'alep (*Pinushalepensis* M.) Du Massif De Ouledyagoub (Kenchela-Aurès), Université El Hadj Lakhdar De Batna 1.
- 127. BILIOTTI E., DÉMOLIN G., HAM R., 1964 -** Caractères de la diapause nymphale Chez *Thaumetopoea pityocampa*. *C. R. Acad. Sci. Paris.* 258 : 706-707
- 128. Bonnet C., Martin J C., 2008** Quand Un Ravageur Forestier Problème Sanitaire. Npi 54, P. 23-25. Devient Un Problème Sanitaire. Npi 54, P. 23-25.
- 129. BONNET C., MARTIN J.C., et MAZET R., 2008-** la processionnaire du pin. *Nature santari 14*, pp : 29-33.
- 130. Bouchou, M. L.(2015)** "Les Parasitoïdes Embryonnaires De La Processionnaire Du Pin, *Thaumetaupoeapityocampaschiff* Et Leur Importance Dans Quelques Peuplements De Pin Et De Cèdre Du Nord De L'algerie."
- 131. Boudy P., 1950 -** Economie Forestière Nord-Africaine. Monographie Et Traitement Des Essences Forestières .Ed. Larose, Paris, T 2. 638p.
- 132. Boudy P., 1950 :** Economie Forestière Nord-Africaine, Monographie Tome Ii, Ed. Larose : 248-249 P.
- 133. Boudy P., 1952 -** Le Guide Forestier En Afrique Du Nord. Ed. La Maison Rustique, Paris. 505 P.
- 134. Boudy P.,1952 :** Guide Du Forestier De L'afrique Du Nord. Ed. Maison Rustique. P Aris : 505 P.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

135. **Bouguenna S., 2011:**Diagnostic Ecologique, Mise En Valeur Et Conservation Des Pinaies De Pinushalepensisde La Région De Djerma(Nord-Est Du Parc National De Belezma, Batna).
136. **BOUZAR-ESSAIDI. K,** 2021.Les populations de la processionnaire du pin (*thaumetopoea pityocampa* Schiff,lépidoptère : thaumetopoeidae) dans la frange littorale ouest Algérienne : incidence des essences forestières et du parasitisme. Thèse de doctorat en sciences agronomiques univ. S. Dahleb, BLIDA. Algérie. 137P
137. **Brinquin, A.-S. And J.-C. Martin (2016-2017).**"Les Clés Pour Lutter Contre La Processionnaire Du Pin." Les Clés Pour Lutter Contre La Processionnaire Du Pin (2016-2017).
138. **Brochiero F., Chandiox O., Ripert C. &Vennetier M., 1999.** :Autoecologie Et Croissance Du Pin D'alep Aprovece Calcaire. Rev. For. Med. Txx. N+2 : 83-93.
139. **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: 6572.
140. **Carcanague, C. (2017).** Les Chenilles Processionnaires Du Pin Et Du Chêne: Risques Liés A Leurs Envenimations Et A Leur Expansion Sur Le Territoire Français, Conseils Et Traitements Associés.
141. **CHAKALI G.** 1992. Les insectes ravageurs du pin d'Alep *Pinus halepensis* Mill. mem. Soc. Belg.ent.35, pp 505-509.
142. **CHAKALI. G.**1985. Etude de la biologie de la tordeuse du pin *Rhyacioniabuoliana* Schiff (*Lepidoptere-Tortricidae*) dans la région de Moudjebara, Djelfa. Thèse Mag. INA El-Harrach, 95P.
143. **Chakroun M.L., 1986.** : Le Pin D'alep En Tunisie. Options Méditerranéennes. Série Etude Ciheam 86/1, 25-27.
144. **Chbouki N., 1994** - Une Synthèse Dendroclimatique Du Cèdre De L'atlas. Ann. Rech. For. Maroc. T 27. Pp : 33-59.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

145. **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.
146. **Couhert B. &Duplat P., 1993** : Le Pin D'alep. Rencontres Forestiers-Chercheurs En Forêt Méditerranéenne. La Grande-Motte (34), 6-7 Octobre 1993. Ed. Inra, Paris 1993. (Les Colloques N° 63), 125-147.
147. **DAJOZ R.** 1998 - Les insectes et la forêt. *ed. Lavoisier Tec &Doc.* 594 p. Paris.
148. **DAJOZ R.,** 2007- Les insectes et la foret- Rôle et diversité des insectes dans un milieu forestier. *Ed. Lavoisier.* Paris, 27, 594p.
149. **Dajoz, R.** (1996). Précis D'écologie, Dunod.
150. **Dehilis A. & Bouakline D., 2013** - Etude Des Possibilités D'extension Des Peuplements Du Cèdrede L'atlas (Cedrusatlanticamanetti) Au Niveau De L'atlas Blidéen. Mém. Mas. Ensa, El Harrach. 62 P.
151. **DÉMOLIN G.,** 1967b - Grégarisme et subsocialité chez *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Nid d'hiver – *activité de tissage.* C. R. *Ve congrès de l'union internationale pour l'étude des insectes sociaux.* Pp : 69-77.
152. **DEMOLIN G.,** 1969a- Bioecologia de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff., incidencia de los factores climaticos. *Bol. Serv. plag. Forest.,* 12 (3), pp : 9-22.
153. **DEMOLIN G.,** 1969b- Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Dispersion, importance écologique. *Ann. Sci. For.* 26, pp : 81-102.
154. **DEMOLIN G.,** 1971- Incidences de quelques facteurs agissant sur le comportement social des chenilles de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera) pendant la période des processions de nymphose - Répercussions sur l'efficacité des parasites. *Ann. Zool. – Écol. Anim. Hors-série,* pp : 33-56.
155. **DEMOLIN G., et RIVE J.L.,** 1968. La processionnaire du pin en Tunisie *Ann. Inst. Nat. Rech. For. de Tunisie* Vol. 1 Fasc.1, Ariana.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

156. **DEMOLIN G., FREROT B., CHAMBON J.P., MARTIN J C.,** 1994 - Réflexion biosystématiques sur toutes les processionnaires du genre *Thaumetopoea* (Lep. *Thaumetopoeidae*), considérées comme ravageurs importants des cèdres *Cedrus libani* Barel et *Cedrus atlantica* Manetti sur le pourtour du bassin méditerranéen. *Annales des Recherches Forestières Maroc*, **2**, 577-591.
157. **DEMOLIN, G.** 1969. Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Dispersion spatiale, importance économique. *Annales des Sciences Forestières* 26, 81-102.
158. **DEMOLIN, G.** 1969a. Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocampa*
159. **Derridj A., 1990** - Etude Des Populations De *Cedrus atlantica* En Algérie. Thès. Doc. Univ. Paul Sebastier, Toulouse. 288 P.
160. **DU LAURENT M,** 2010. Effet de la diversité des essences forestières sur les niveaux de population de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*), à différentes échelles spatiales, dans la forêt des Landes de Gascogne .Thèse Doct.université de BORDEAUX.FRANCE. PP : 17-18.
161. **Ellatifi M., 1994** - Le Cèdre De L'atlas Hors De Son Aire Naturelle : Propriétés Technologiques. Ann. Rech. For. Maroc. T 27. Pp : 683-69.
162. **ELYOUSFIM.,** 1989 - The cedar processionary moth, *Thaumetopoea bonjeani* (Powell). *Boletin de Sanidad Vegetal, Plagas*, 15, 43-56.
163. **Ezzahiri M. & Belghazi B., 2000** - Synthèses De Quelques Résultats Sur La Régénération Naturelle Du Cèdre De L'atlas Au Moyen Atlas (Maroc). Sci. & Chang. Plan. /Secheresse. Vol. 11, N° 2. 79-84 P.
164. **FABRE J.H.,** 1899. La processionnaire du pin. In : *Souvenirs entomologiques*. [en-ligne] Série VI, 155 chapitres 19 à 23 (Créé en 2000).
165. **FRAVAL A.,** 2007- Les processionnaires 1^{ères} partie- La processionnaire du pin. *Insectes* n°147, pp : 35-39.
166. **GACHI M. M. KHBMICI, M. ZAMOUM. M.** 1986. Note sur la présence en Algérie de la processionnaire du cèdre *Thaumetopoea*

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

bonjeani POWEL. (Lepidoptera, *Thaumetopoeidae*) Ann. Rech. Forest. I.N.R.F Bainem BP. 37 Chéraga en Algérie. n°1 pp.: 53-63.

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

ANNEX

ANNEX

ANNEX :

classes hauteur des nids :

ses	Rep	NN15J	NN22J	NN29J	NN5F	NN12F	NN19F	NN26F	NN05M	NN12M	NN19M	NN26M	NN03A
	1	1	0	1	0	0	3	1	1	0	2	1	0
	2	1	0	0	2	1	4	1	1	0	1	1	0
	3	2	0	2	1	0	2	0	0	0	1	0	1
	4	0	1	1	1	3	1	0	2	0	3	0	0
	5	0	3	0	3	2	1	0	2	1	3	3	0
	1	3	2	0	0	1	2	4	2	2	0	4	3
	2	3	2	0	0	2	2	0	3	2	0	4	3
	3	0	0	0	0	1	2	1	3	0	0	2	0
	4	2	1	1	0	1	1	1	1	0	0	3	2
	5	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	3	1
	1	0	2	1	0	4	1	0	1	1	0	0	0
	2	2	3	0	0	1	1	2	1	1	0	1	0
	3	0	4	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0
	4	3	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	5	1	2	1	1	0	3	1	0	0	0	0	0