

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد بوضياف - المسيلة
Université Mohamed Boudiaf - M'Sila

FACULTE SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES
AGRONOMIQUES
N° : 14/DSA/VCDPGR/2023



DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE
FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES
OPTION : PROTECTION DES VEGETAUX

Mémoire présenté pour l'obtention
du diplôme de Master Académique

Par: **KAHOUL Siham** et **KOUMICHE Ikrame**

Intitulé

Comparaison de l'infestation de la chenille processionnaire
du pin : *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Shiffermuller, 1775)
(Lepidoptera: Notodontidae) d'un milieu urbain (Commune de
M'Sila) et d'un milieu naturel : Forêt d'El Haourane (Hammam
Dalaa)

Soutenu devant le jury composé de:

| | | | |
|---------------------|------------------------|--------------------------------|---------------|
| M. CHERIF Kamel | MCB | Université Med Boudiaf- M'Sila | Président |
| M. MIMECHE Fateh | Prof. | Université Med Boudiaf- M'Sila | Promoteur |
| Mme DJEBARA Fatiha | Maître de recherche-B- | INRA Alger | Co-Promotrice |
| M. ZEDAM Abdelghani | Prof. | Université Med Boudiaf- M'Sila | Examineur |

Année universitaire : 2022 /2023

Dédicace

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le Respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que:

Je dédie cette mémoire: à ALLAH le tout puissant.

*A Ma tendre Mère Dahida: Tu représentes pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as Fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin Dans leur vie et leurs études.

*A Mon très cher Père Aissa: Aucune dédicace ne saurait exprimer L'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.

A mes chers frères: Ismail, Miloud et Radwane

A mes soeurs: Fatima, Firouz, Dalila, Hadjira et Ilhame

A mon âme sœur : ikrame

Je prends cette opportunité pour dire merci mille fois à ma chère copine Ikrame et merci pour leur efforts, leur participations et surtout leur soutiens durant les moments de réalisation de ce travail.

*A mes très chère amis: Hadda et Nhajat

*A tous les membres de ma promotion.

A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études.

A tous ceux qui me sens chers et que j'ai omis de citer.

Sihem kahoul

Dédicace

C'est avec profonde gratitude et sincères mots que je dédie ce travail à

Mes Chers

*Parents **Salima** et **Aissa** qui ont sacrifié leur vie pour notre réussite et m'ont éclairé le chemin par leurs conseils judicieux. J'espère qu'un jour, je pourrai leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi, que Dieu leur prête tout le bonheur.*

*A mes frères: **Maroin**, **Wassim**, et leurs familles merci pour son encouragement, ton aide et surtout ta présence dans les moments les plus difficiles.*

*A mes sœurs : **Narimene**.*

*A ma chère amie et ma copine **Sihem** pour ses encouragements et ses aides tout au long de ce travail.*

*A mes chères amies : **Naima**, **Hayat**, **Imen**, **Sofia**, **Houda**, **Meriem** et spécialement **Sihem**. Merci de votre présence, soutien et de m'avoir encouragée à aller plus loin.*

A tous les autres que je n'ai pas cités mais à qui je pense aussi

Merci à tous de m'aider à devenir meilleur

Ikrane Koumiche

REMERCIEMENT

Tout d'abord je remercie Dieu tout puissant, de m'avoir guidée sur la bonne voie, vers la lumière, et d'avoir accordé la volonté et le courage afin de réaliser ce présent travail. Qui a été abouti au sein du département des Sciences Agronomiques ;

Ce travail de mémoire de Master, il ne serait jamais réaliser sans avoir de l'aide, les conseils et le soutien de plusieurs personnes de près ou de loin. C'est pourquoi je tiens à les remercier tous.

*Nous voudrions remercier Monsieur le **Professeur Mimeche Fateh**; département de Sciences Agronomiques, en qualité promoteur pour avoir voulu accepter de diriger ce travail. Pour tout son dynamisme et ses compétences scientifiques. Sa disponibilité constante associée à son esprit critique, qui m'a permis de mener à bien cette étude et à la réalisation du contenu de ce manuscrit. Je lui en garde une profonde gratitude.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre Co-promotrice **Dr. DJEBARA Fatima**, Maître de recherche classe B à l'INRA (Alger).*

*Nos sentiments de profonde gratitude vont aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger notre travail : **Dr. Kamel Cherif**, Maître de conférences –B- au département de Biochimie et Microbiologie, d'avoir accepté de présider notre jury et le **Professeur Abdelghani Zedam**, département de Sciences Agronomiques, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

Enfin, nous tenons à remercier infiniment tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin.

*** Kahoul Siham – Koumiche Ikram ***

Liste des tableaux

| N° | Titre | Page |
|------------------|---|------|
| Tableau 1 | Les classes des pentes de la région de M'Sila..... | 15 |
| Tableau 2 | Les caractéristiques de la station météorologique de M'Sila..... | 17 |
| Tableau 3 | Précipitations mensuelles moyennes pour la période 2019..... | 18 |
| Tableau 4 | Températures mensuelles maximales (M), minimales (m), moyennes M+m)/2 et amplitude thermique (M-m) de la région M'Sila | 18 |
| Tableau 5 | La densité de CP par les nids d'hiver..... | 20 |
| Tableau 6 | Les indices écologiques calculent dans la région d'étude..... | 24 |

Liste des figures

| N° | Titre | Page |
|------------------|---|------|
| Figure 1 | Maladie du tronc original | 5 |
| Figure 2 | Chronologie de développement du <i>T. pityocampa</i> | 7 |
| Figure 3 | La description nide de la chenille processionnaire du pin..... | 9 |
| Figure 4 | Situation géographique de la Wilaya de M'Sila..... | 14 |
| Figure 5 | Photo satellitaire de la forêt d'Ouled Sidi Amor..... | 19 |
| Figure 6 | Photo satellitaire de milieu Urbain (Espace vert de l'université de M'Sila)..... | 19 |
| Figure 7 | Nombre total des nids de la chenille processionnaire chez <i>P. halepensis</i> dans les deux sites étudié..... | 21 |
| Figure 8 | Boxplot des nids par arbre de la chenille processionnaire chez <i>P. halepensis</i> dans les deux sites étudiés..... | 23 |
| Figure 9 | L'effet d'orientation cardinale de la chenille processionnaire chez <i>P. halepensis</i> dans les deux sites étudiés..... | 24 |
| Figure 10 | Projection des abondances des nids d'hiver selon les directions cardinaux sur les deux axes de l'AFC..... | 26 |

Sommaire

| | Page |
|---|------|
| Introduction | 1 |
| Chapitre I : Généralités sur le pin d'Alep et la processionnaire du pin, <i>Thaumetopoea pityocampa</i> (Denis et Shiffermuller, 1775) | |
| I. Le pin d'Alep..... | 3 |
| I.1 Systématique..... | 3 |
| I.2 Répartition du pin d'Alep en Algérie..... | 3 |
| I.3 Caractères botaniques..... | 4 |
| I.4 Plasticité écologique du pin d'Alep..... | 4 |
| I.5 Les maladies du pin d'Alep..... | 4 |
| I.5.1 Les maladies des racines..... | 5 |
| I.5.2 Les maladies des rameaux..... | 5 |
| I.5.3 Les maladies des aiguilles..... | 5 |
| I.5.4 Les maladies du tronc..... | 5 |
| II. La processionnaire du pin..... | 6 |
| II.1 Description et systématique..... | 6 |
| II.2 Comportement biologique | 6 |
| II.2.1 La phase aérienne..... | 7 |
| II.2.1.1 Les émergences..... | 7 |
| II.2.1.2 La ponte..... | 8 |
| II.2.1.3 Développement larvaire..... | 8 |
| II.2.1.4 Phase ambulatoire | 8 |
| II.2.1.5Phase ambulatoire | 8 |
| II.2.1.6 Structure du nid d'hiver..... | 9 |
| II.2.1.7 Les processions et leur évolution..... | 9 |
| II.2.2 Phase souterraine..... | 9 |
| II.2.2.1 La nymphose..... | 9 |
| II.2.2.2 La diapause..... | 10 |
| II.3. Les dégâts occasionnés..... | 10 |
| II.3.1 Dommages sylvicoles..... | 10 |
| II.4. Impact sur la santé..... | 11 |
| II.5. La lutte contre les chenilles processionnaires de pin..... | 11 |
| II.5.1 Lutte mécanique ou échenillage biologique..... | 11 |

| | |
|--|----|
| II.5.2 Lutte chimique..... | 12 |
| II.5.3 La lutte sylvicole..... | 12 |
| II.5.4 La prédation par les mésanges..... | 12 |
| II.5.5 La lutte microbiologique..... | 12 |
| II.5.6 Lutte par l'utilisation des phéromones sexuelles..... | 13 |

Chapitre II: Matériel et méthodes

| | |
|---|----|
| I. Présentation de la région d'étude..... | 14 |
| 1. Situation géographique et limites de la zone d'étude M'Sila..... | 14 |
| 1.1 caractéristiques Les physiques..... | 15 |
| 1.1.1 Relief..... | 15 |
| 1.1.2 L'hydrologie..... | 15 |
| 1.1.3 La pédologie..... | 16 |
| 1.1.4 Géomorphologie..... | 16 |
| 2. Le climat..... | 17 |
| 2.1 Les précipitations..... | 17 |
| 2.2 La température..... | 17 |
| 2.3 Le vent..... | 18 |
| 2.4 Humidité..... | 18 |
| II. Méthodologie du travail | 19 |
| II. 1 Choix de stations..... | 19 |
| II. 2 L'échantillonnage..... | 19 |
| II. 3 Le dénombrement des nids | 19 |
| II. 4 Taux d'infestation | 20 |
| II.5 Indices écologique | 20 |
| II.6 Traitement statistique des données | 20 |

Chapitre III : Résultats et discussion

| | |
|--|----|
| 1. Le taux d'infestation de <i>T. pityocampa</i> | 21 |
| 2. La densité de CP par les nids d'hiver | 22 |
| 3. Effet des directions cardinales sur le taux d'infestation de <i>T. pityocampa</i> | 24 |
| 4. Indices écologiques | 25 |
| 5. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)..... | 25 |
| Conclusion | 26 |
| Références bibliographiques | 28 |

Introduction

L'environnement est donc compris comme l'ensemble des facteurs biotiques et abiotiques qui entourent un individu ou une espèce, et dont certains contribuent directement à subvenir à ses besoins. Introduire l'espèce humaine dans l'équation revient nécessairement à complexifier la notion d'environnement (Leakey et Lewin, 1995).

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) est une espèce qui pousse naturellement dans toute la région méditerranéenne (Quézel et Médail, 2003). En raison de son immensité, il s'adapte à différents types de sols et d'altitudes (Nehal, 1962). En région méditerranéenne, le pin d'Alep couvre 3,5 millions d'hectares et est géographiquement réparti principalement en Méditerranée occidentale (Algérie, Tunisie, Espagne, Italie) (Quézel et Médail, 2003).

En milieu forestier, les insectes sont très sensibles aux changements des conditions environnementales affectant leur distribution, certaines espèces se partagent l'espace et le temps dans le peuplement et leur dispersion est essentiellement dépendante de la variabilité et des changements climatiques (Bouchou, 2015).

Le pin d'Alep est exposé à un ennemi biologique agressif, en l'occurrence la chenille processionnaire (CP, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Lepidoptera : Notodontidae), qui en est le principal ravageur. Son aire de répartition est en synchronisation avec l'évolution du climat (Rousselet, 2011). En raison de leur voracité alimentaire des aiguilles les chenilles provoquent souvent une défoliation complète des arbres, ce qui affaiblit le peuplement et permet ainsi la colonisation d'autres ravageurs secondaires, particulièrement des xylophages (Bouchou, 2015).

Par conséquent, des mesures régulières de surveillance et de lutte des ravageurs sont nécessaires pour assurer le développement de la détection et de l'atténuation des risques potentiels pour les forêts et la santé publique. (Hoch et *al.*, 2009)

En Algérie, les programmes des reboisements en monoculture, de l'espèce *Pinus halepensis*, ont entraîné une prolifération de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* mettant en péril les jeunes plantations en zones semi-arides. Ce défoliateur est devenu aujourd'hui un modèle biologique pour l'étude du changement climatique (Bouchou, 2015).

L'objectif de notre travail est d'étudier la variation du taux d'infestation par la CP et la densité de celle-ci en utilisant la variabilité de l'orientation cardinale des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin.

Pour ce faire, nous avons opté pour le plan suivant :

Dans le premier chapitre de ce mémoire, nous avons présenté une étude bibliographique sur le pin d'Alep et la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*).

Ensuite, nous avons présenté dans le deuxième chapitre les caractéristiques générales de la région d'étude et la méthodologie de travail adoptée sur le terrain.

Les résultats sont détaillés dans le chapitre 3, où nous les avons énumérés, présentés puis interprétés dans une discussion scientifique.

Enfin, Nous finissons notre travail par une conclusion générale dans laquelle nous présenterons nos résultats les plus pertinents ainsi que les éventuelles perspectives à prendre en considération dans les prochaines études.

Chapitre I: Généralités sur le pin d'Alep et la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* (Denis et Shiffermuller, 1775)

I. Le pin d'Alep

Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), est un taxon typiquement méditerranéen, il appartient à la classe des vectrices qui sont aussi appelées résineux, du fait de l'existence d'un appareil sécréteur de résine. Elle est représentée par l'ordre des coniférales, cet ordre doit son nom à la présence de cônes (Messaili, 1995).

I.1 Systématique

Le genre *Pinus* appartient à la famille des Pinacées, se genre se divise en sous genre et en section ; il comprend environ 120 espèces qui sont réparties pour la plus part dans l'hémisphère Nord (, 1985). Seigue

Selon Nahal (1962), le pin d'Alep se classe comme suit :

- Règne : Végétal.
- Embranchement : Spermathytes.
- Sous embranchement : Gymnospermes.
- Classe : Vectrices.
- Ordre : Coniférales
- Sous ordre : Abietales.
- Famille : Pinaceae.
- Genre : *Pinus*.
- Espèce : *Pinus halepensis* Mill.

Noms vernaculaires de l'espèce :

- Appellation Arabe : sanaouabar el halabi
- Appellation Amazight : Azoubi, Tayda.
- Appellation Française : Pin d'Alep, Pin blanc.
- Appellation Espagnole : Pino caraco.

I.2 Répartition du pin d'Alep en Algérie

Le pin d'Alep couvre 35% des surfaces boisées de l'Algérie du Nord (Mezali, 2003). 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 90.000 hectares, celui des Aurès avec plus de 100.000 hectares constitués principalement par les pinèdes des Béni-Imloul (72.000 ha), des Ouled Yagoub et celle des Bén-Oudjana (Kadik, 1987).

I.3 Caractères botaniques

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), est une espèce très caractéristique qui existe à l'état spontané presque dans tout le nord algérien où il peut atteindre 25m de hauteur. Sa longévité est estimée à 150 ans avec une moyenne de 100 à 120 ans (Kadik, 1987). Les feuilles ont un caractère xérophytique, elles sont en aiguilles. L'écorce est gris argentée et lisse chez les jeunes arbres, puis brune rougeâtre, en écaille mince et large chez les plus âgés (Nahal, 1962). Le pin d'Alep est un arbre polycyclique, susceptible d'effectuer plusieurs pousses par an et de produire des faux cernes (Serre, 1973).

I.4 Plasticité écologique du pin d'Alep

Le pin d'Alep occupe en altitude des positions très variables, en Algérie, il atteint fréquemment 1500m et même 2000m d'altitude dans l'Atlas saharien, et il trouve un optimum de développement à des altitudes allant de 600 à 1200m dans le Tell et de 900 à 1400m dans l'Atlas Saharien (Kadik, 1987).

Sur le plan bioclimatique, La large distribution du pin d'Alep qui va du littoral au nord du Sahara lui confère l'aptitude de végéter dans des tranches pluviométrique qui varient de 200mm dans l'Atlas Saharien jusqu'à 1500mm au Littoral, il présente un optimum de développement entre 350 et 700mm de précipitations annuelles (Nahal, 1962).

Sur le plan thermique, l'aire naturelle du pin d'Alep admet une variante humide et semi-aride, froide à chaude avec des valeurs moyennes minimales du mois le plus froid de -3 à +10 °C (Quezel, 1986).

I.5 Les maladies du pin d'Alep

La forêt est un écosystème complexe, sensible à des perturbations qui peuvent entraîner son dépérissement de façon plus ou moins brutale et sur des zones plus ou moins étendus. Les arbres sont attaqués par des insectes, des champignons, des virus, ils peuvent être brûlés, ou même abattus par des tornades de vent. Leurs croissances peuvent être altérées, voire stoppés par des écarts inhabituels de précipitations ou de températures ou par des phénomènes de pollution des eaux ou de l'atmosphère (Parde et Bouchon, 1988).

I.5.1 Les maladies des racines

Il n'y a pas d'agents spécifiques d'altération des racines de pins. Les parasites suivant (*Armillaria mellea*, *Ungulina annosa*, *Rhizina undulata*) provoquent des décolorations et des dépérissements ainsi que des pourritures du système racinaire.

I.5.2 Les maladies des rameaux

Les plus importants sont les rouilles visqueuse et bourbeuses des rameaux et la tordeuse des pousses.

I.5.3 Les maladies des aiguilles

L'examen des symptômes divers tels que : dessèchement, taches, coloration anormale, que l'on peut observer sur les aiguilles des pins, font souvent apparaître aux origines des dégâts des agents cryptogamiques.

I.5.4 Les maladies du tronc

L'espèce *Procytes gigas* est un sirex voisin de la guêpe ; il creuse des galeries dans le bois qui peuvent entraîner le déclassement des grumes. De nombreux insectes xylophages s'attaquent au bois de pin d'Alep, sans être propre à cette espèce ; il en est ainsi des scolytes, des hylobes, des bostryches et des pissodes. *Blastophagus piniperda* L. (hylesine du pin) est un insecte xylophage appartenant à l'ordre des coléoptères et au sous ordre des phytophages ; il est de la famille des Scolytidae.

Enfin la chenille processionnaire (*Thometopoea pityocampa* Schiff) est un lépidoptère connu depuis fort longtemps dans le bassin méditerranéen comme un défoliateur permanent de forêts naturelles des pins et des cèdres (Fig. 1)



Figure 1. Maladie du tronc (Original)

II. La processionnaire du pin

II.1 Description et systématique

La processionnaire du pin, ou *Thaumetopoea pityocampa*, est l'un des plus grands ravageurs forestiers. Elle a été mentionnée depuis plus de deux cents ans et décrite pour la première fois par Denis et Shiffermulleren 1775 dans le genre Bombyx. En 1822, Hubner créa le genre *Thaumetopoea* pour toutes les espèces incluses aujourd'hui dans la famille des *Thaumetopoeidae*. Stephens, fit passer en 1928 toutes les espèces du genre *Thaumetopoea* dans le genre *Cnethocampa*, qu'il a placé dans la famille des Notodontidae (Agenjo, 1941)

Selon Albout et *al.* (2017) la taxonomie de processionnaire du pin et :

Classe : Insecta

Ordre : Lepidoptera

Famille : Notodontinae

Genre : Thaumetopoea

Espèce : *Thaumetopoea pityocampa* (Denis et Shiffermuller, 1775)

II.2 Comportement biologique

La processionnaire du pin est une espèce univoltin. Son cycle peut cependant s'étalé sur plusieurs années en fonction des conditions écologique du milieu. La processionnaire du pin est extrêmement dépendante des conditions climatiques notamment la température et l'ensoleillement. De fortes variations sont notées dans son cycle selon la latitude et l'altitude des populations. Le cycle s'effectue en deux phases à deux strates différentes de l'écosystème : l'une aérienne (évolution larvaire en cinq stades), l'autre souterraine (prénymphose et nymphose) Martin et Bonnet (2007). Les différentes écophases de son évolution sont synthétisées et illustrées par la figure 2.

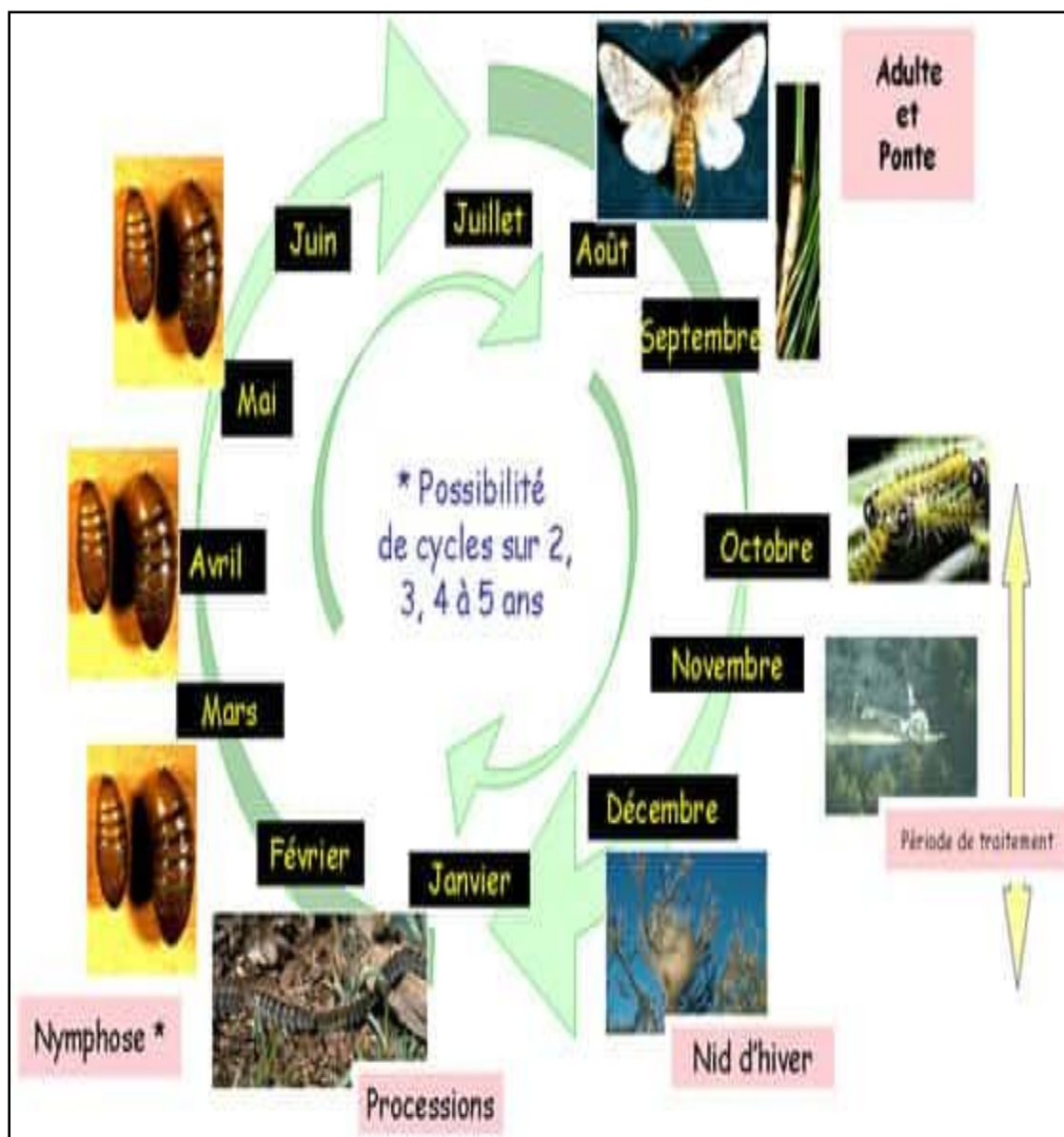


Figure 2. Chronologie de développement du *T. pityocampa* (Kherifi et Mansour, 2022)

II.2.1 La phase aérienne

La durée de la phase aérienne varie de cinq à huit mois et comprend plusieurs étapes, de l'émergence des papillons jusqu'à l'enfouissement des chenilles du dernier stade.

II.2.1.1 Les émergences

Les adultes de la processionnaire du pin émergent du sol au cours de la période estivale avec un maximum d'émergence noté vers la seconde décade de juillet. Ils se libèrent de leur cocon grâce à des crêtes sclérifiées situées sur leur tête, qui leur permettent de découper l'enveloppe qui les entoure (Demolin, 1969). Les adultes ont une durée de vie limitée de 24 à 48 heures. A leur sortie les adultes sont actifs et peuvent parcourir plusieurs kilomètres. Malgré le dimorphisme sexuel prononcé, les deux sexes se

ressemblent notamment par leurs ailes de couleur gris blanchâtre. L'envergure des adultes est de 30 à 35 mm. Les mâles ont tendance à sortir les premiers le soir au crépuscule et sont suivis peu de temps après par les femelles. Quelques heures après leur émergence l'activité et la fécondité des papillons débutent (Guerrero *et al.*, 1981). Après accouplement le mâle meurt quelques heures plus tard et les femelles se dirigent au vol à la recherche de site de ponte en relation avec composés volatiles (Paiva *et al.*, 2011). La femelle effectue un choix sélectif à l'intérieur du peuplement, en comparant le diamètre et la structure des aiguilles ou des rameaux rencontrés (Huchon et Demolin, 1970).

II.2.1.2 La ponte

Une fois le site de ponte sélectionné la femelle rassemble deux aiguilles à l'extrémité d'un rameau pour déposer ses œufs en forme d'un manchon de 4 à 6 centimètres. Au cours de sa ponte, la femelle recouvre ses œufs par des écailles protectrices de couleur beige-clair (Demolin, 1969). Les œufs pondus par femelle varient de 70 à 300 œufs par femelle et effectuent une embryogenèse de 30 à 45 jours (Demolin, 1969).

II.2.1.3 Développement larvaire

Au cours de son évolution la processionnaire s'effectue en cinq stades larvaires. A ce stade, deux périodes distinctes sont notées : la période ambulatoire allant de l'éclosion aux premiers froids, et la période du « nid d'hiver » durant laquelle les chenilles restent à un emplacement jusqu'au dernier stade et le départ en procession de nymphose à la recherche d'un site favorable à leur enfouissement. La durée des stades larvaires est dépendante du climat. Plus l'hiver sera de longue durée, plus la vitesse d'évolution est diminuée principalement au quatrième stade. Dans les cas les plus favorables, l'évolution larvaire s'effectue de 4 à 5 mois au minimum. En haute altitude elle peut s'étendre entre 9 à 10 mois (Demolin, 1971).

II.2.1.4 Phase ambulatoire

Dès l'éclosion, les chenilles d'une même colonie vivent en groupe. La colonie issue d'une même ponte change souvent d'emplacement, s'alimentant des aiguilles à proximité de leur biotope de rassemblement. Dès l'annonce des premiers froids de l'automne, la colonie recherche l'endroit le mieux situé sur les rameaux pour construire le nid d'hiver, véritable radiateur solaire lui permettant une évolution adéquate (Huchon et Demolin, 1970).

II.2.1.5 Phase ambulatoire

Au troisième stade, les chenilles développent sur la face dorsale de petites poches particulières ou « miroirs » renfermant des poils urticants. Au moindre danger, les « miroirs » sont ouverts et les poils de taille microscopique libérée assurent un barrage

venimeux autour de la colonie pour leur protection. Transportés facilement par le plus faible courant d'air, ils envahissent toute la forêt lors des phases de gradation. Ils provoquent chez l'homme et les animaux de nombreux troubles histaminiques limités habituellement à des rougeurs et à des démangeaisons pénibles. L'action allergique des poils urticants peut se compliquer à la formation d'œdèmes doublés de troubles oculaires voire même d'accidents respiratoires et de vertiges (Huchon et Demolin, 1970).

II.2.1.6 Structure du nid d'hiver

Dès que les chenilles choisissent l'emplacement de la construction du nid, ce lieu reste l'endroit définitif à la colonie (Fig. 3). Les chenilles quittent le nid durant la nuit, pour s'alimenter à partir des aiguilles de pins avoisinantes. Les conditions dans le nid permettent aux chenilles le passage au quatrième puis au cinquième stade larvaire (Huchon et Demolin, 1970).



Figure 3. La description Nid de la chenille processionnaire du pin(**Original**)

II.2.1.7 Les processions et leur évolution

La fin janvier jusqu'au mois de juin, suivant les dates d'émergence des adultes et en fonction de la rigueur de l'hiver, que les chenilles parviennent à leur dernier stade. Elles quittent le nid pour se rendre en procession jusqu'au lieu d'enfouissement dans le sol. Si à la période des processions, le climat est particulièrement chaud, les chenilles pourront s'enterrer en bordure des clairières et même en sous-bois (Huchon et Demolin, 1970).

II.2.2 Phase souterraine

II.2.2.1 La nymphe

La nymphe s'effectue une quinzaine de jours après l'enfouissement des chenilles dans le sol. La chrysalide sera complètement formée quelques jours plus tard et subit une diapause obligatoire.

II.2.2.2 La diapause

La diapause c'est l'arrêt de développement caractérisé par une diminution notable du métabolisme, la durée de la diapause est variable ; elle s'adapte à celle du développement larvaire, pour que le cycle s'achève sur l'année. En altitude, où les hivers sont particulièrement rigoureux, la durée d'évolution larvaire est plus longue, la diapause sera alors plus courte pour respecter le cycle annuel. A la fin de la période de diapause, il y a une reprise d'activité métabolique intense ou le futur adulte entame sa constitution. Un mois plus tard, il sera prêt à sortir de terre. (Huchon et Demolin, 1970).

II.3. Les dégâts occasionnés

II.3.1 Dommages sylvicoles

La processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* est un des ravageurs des forêts de résineux les plus importants de la région méditerranéenne (Cadahian et al, 1975). Elle s'observe dans les forêts de pins et de cèdres en Afrique du Nord. Dès l'éclosion, la processionnaire du pin commence à se nourrir des aiguilles de son hôte. Les larves des deux premiers stades dévorent les aiguilles à proximité des zones des pontes et engendrent des dégâts caractéristiques sous forme de bouquets d'aiguilles jaunes puis rousses. Les chenilles du troisième au cinquième stade consomment souvent la totalité des aiguilles. Une colonie utilise 1,5 à 2 Kg (en poids sec) d'aiguilles et il suffit de 4 ou 5 colonies pour mettre entièrement à nu un arbre de pin de 20 ans (Fraval, 2007). Cette défoliation provoque des pertes de croissance par diminution du pouvoir photosynthétique et les sujets attaqués deviennent alors très sensibles aux insectes xylophages et aux maladies. Les défoliations privent l'arbre de toutes ou une partie de ses capacités de photosynthèse, il en résulte une perte de croissance importante en cas de défoliations répétées. Dans des zones de reforestation récente de *Pinus radiata*, (Cadahia et Insua, 1970), soulignent que les pertes en croissance et en volume sont de 14 et 33% pour des infestations légères et fortes respectivement. (Bouchon et Toth, 1971) ont démontré que des forêts de conifères de *Pinus nigra* périodiquement ciblées, perdent environ 45% de leur volume en 50 ans. Lemoine (1977) a identifié une réduction de la croissance de la circonférence de 30% après une attaque sur *Pinus pinaster*. Chez les *Pinus nigra*, suite à la défoliation provoquée par *Thaumetopoea pityocampa*, l'anneau de croissance correspondant à l'année suivant une attaque sévère n'apparaît pas, ce qui provoque, une réduction de 35% de la croissance radiale (Laurent-Hervouet, 1986).

Toutefois l'intensité des dégâts est très variable. Elle dépend de l'essence et de type de peuplement. En montagne, la processionnaire est uniquement présente sur les versants sud (houppiers ensoleillés, lisières). Dans les peuplements fermés de plaine, elle colonise essentiellement les lisières, surtout celles orientées sud/sud-ouest. Les bordures de peuplements, les arbres isolés et les plantations pures sont les plus sensibles aux attaques

II.4. Impact sur la santé

La Chenille processionnaire, à partir de son 3ème stade de développement, dispose de plages de petits poils urticants microscopiques appelées miroirs, cachées dans les remplis de la peau. Ces poils sont libérés dans l'air dès que la chenille se sent menacée. Ils peuvent aussi être transportés à moyenne distance par le vent (Martin, 2005). Chez l'homme, le contact direct avec les chenilles ou bien indirectement avec les poils urticants disséminés par le vent est responsable de démangeaisons plus ou moins graves suivant la sensibilité des individus. Quatre voies d'exposition sont définies : le contact cutané, le contact oculaire, l'inhalation et l'ingestion. Quel que soit le mode de la contamination, les poils urticants pénètrent alors soit dans l'épiderme soit dans les muqueuses pour s'y fixer et libérer la substance urticante. La gravité des symptômes dépend de l'importance de l'exposition, de la porte d'entrée et de la susceptibilité du sujet. Les troubles constatés peuvent être, cutanés sur les mains, les bras, le visage ou le cou, oculaire sous forme de conjonctivite, respiratoire se manifestant par des éternuements et des maux de gorge, digestif donnant une inflammation des muqueuses de la bouche et des intestins (Martin, 2005).

II.5. La lutte contre les chenilles processionnaires de pin

La lutte contre la Chenille processionnaire du pin ne permet pas d'éviter une nouvelle infestation, mais consiste uniquement à protéger les jeunes peuplements, et à limiter localement les populations de ravageurs à un taux compatible avec la présence anthropique. La lutte contre ce défoliateur prend quatre formes principales : biologique, mécanique, chimique et sylvicole. Ceci est en fonction des surfaces infestées et des stades de développement ciblés. Plusieurs techniques sont appliquées pour contrôler les populations de la processionnaire du pin :

II.5.1 Lutte mécanique ou échenillage biologique

Son importance en termes de surfaces traitées est très faible, cette technique est néanmoins très utilisée pour les arbres isolés, dans les parcs ou les jardins, où les densités de population de chenilles sont faibles. L'intervention par la récolte des pontes s'effectue en

été avant l'éclosion des œufs. Ceux-ci sont en effet repérables grâce à la couleur de leur chaton gris caractéristique à l'extrémité des rameaux, et sont souvent localisées sur les branches basses de l'arbre. L'opération consiste à couper les branches infectées et les brûler.

Dès la fin de l'été, et dès l'apparition des pré-nids et du début de construction des nids d'hiver, il est possible d'appliquer la même méthode : couper les branches infectées avec un sécateur et les brûler. Cette méthode est très efficace, elle permet la destruction intégrale des nids, mais peut s'avérer délicate à mettre en œuvre, notamment pour les nids situés à des hauteurs élevées sur les arbres de grande taille.

II.5.2 Lutte chimique

Elle se limite aujourd'hui à des interventions de faible ampleur ou de rattrapage. L'insecticide utilisé dans ce cas est généralement à base de Diflubenzuron, régulateur de croissance qui perturbe le processus de mue larvaire (Martin, 2005).

II.5.3 La lutte sylvicole

L'opération des pratiques sylvicoles consiste à planter des essences d'arbres qui ne sont pas sensibles à l'insecte considéré. Les peuplements forestiers mélangés subissent en général moins de dégâts d'herbivores que les peuplements purs. Cette diversification réduit généralement la colonisation par la processionnaire du pin et favorise le cortège parasitaire. C'est une méthode de lutte naturelle et efficace (Martin, 2005).

II .5.4 La prédation par les mésanges

Les mésanges sont des oiseaux sédentaires qui se nourrissent d'insectes dont la processionnaire du pin. L'utilisation de cette interaction comme moyen de lutte se fait en facilitant l'implantation des mésanges par des nichoirs.

II.5.5 La lutte microbiologique

L'utilisation d'insecticides biologiques à base de *Bacillus thuringiensis* couvre actuellement presque 100% des surfaces traitées contre la processionnaire du pin. Il s'agit d'une bactérie Gram positif capable de produire des toxines insecticides. L'activité de *Bacillus thuringiensis* est surtout basée sur la production de toxines durant la phase de sporulation du développement de la bactérie. L'ingestion des toxines présentes à la surface du feuillage conduit à la mort des chenilles. Actuellement, seuls les trois premiers stades larvaires sont généralement visés par ce type de traitement. Il semble que le *Bacillus thuringiensis* est aussi efficace contre les chenilles du quatrième et le début du cinquième stade (Martin et Mazet, 2001). L'application du produit se fait généralement par traitement aérien au cours des premiers stades larvaires. Elle doit être effectuée avant les processions : entre le mois

de Décembre et février. Ce traitement est respectueux de l'environnement puisqu'il ne persiste que très peu après application et il a une spécificité d'action.

II.5.6 Lutte par l'utilisation des phéromones sexuelles

La phéromone est utilisée par diffusion à l'intérieur de pièges pour une capture massive des mâles de la processionnaire ou pour un suivi de la dynamique de ses populations. Elle peut aussi être employée, sans piège, pour engendrer une confusion sexuelle afin de réduire les chances de reconnaissance de la femelle par le mâle. La diminution des femelles fécondées va induire une réduction de la descendance (Martin et Mazet, 2001).

Chapitre II: Matériel et méthodes

I. Présentation de la région d'étude

1. Situation géographique et limites de la zone d'étude M'Sila

La wilaya de M'Sila est située au sud-est de l'Algérie à 250 km d'Alger dont les coordonnées géographiques sont 35° 42' Nord, 4° 33' Est. Sa morphologie et sa position géographique confèrent à cette région un aspect écologique unifiée représenté par la prédominance de la steppe. M'Sila comporte 47 communes regroupées en 15 daïras (Fig. 4). La Wilaya du M'Sila est limitée par la wilayas de Bordj Bou Arreridj au nord Sétif au nord-Est, Batna à l'est, Biskra au sud-Est, Djelfa au sud, Médéa à l'ouest et Bouira au nord-ouest.



Figure 4. Carte de situation géographique de la Wilaya de M'Sila (<https://d-maps.com/>)

1.1 Caractéristiques Les physiques

1.1.1 Relief

La région de M'Sila comprend des superficies plates avec des réseaux hydrographiques et dayas et parfois des massifs bas. Les parcours sont dominants, avec environ 1 029 945 ha (65% de la surface totale) et souvent dégradés, représentés par des parcours steppiques et surtout des parcours Sahariens.

La wilaya de M'Silla s'étend sur une superficie 1 817 500 ha et se présente comme une région enclavée entre les contre fortes des Atlas Tellien et Saharien, et se caractérise par quatre zones naturelles (D.S.A, 2014).

- Zone de steppe: couvre la plus grande partie du territoire soit 55%, se caractérise par un couvert végétal clairsemé, traduisant le degré de dégradation des parcours.

- Zone de la plaine de Honda: représentant 33%, où se réserve essentiellement à la céréaliculture, aux cultures maraîchère et aux arboricultures.

- Zone montagne: représentant 7% du territoire réservé à une agriculture de montagne de type extensif avec quelque massifs forestiers.

- Zone de dunes de sable: s'étendant sur une superficie de 01% de la superficie totale.

Tableau 1. Les classes des pentes de la région de M'Silla.

| La classe des pentes(%) | Superficie (%) | Le relief |
|-------------------------|----------------|-----------|
| 0 – 3% | 33% | Plaine |
| 3 – 12.5% | 55% | steppe |
| 12.5 - 25% | 1% | sable |
| Supérieure à 25% | 7% | Montagnes |

(Source : D.S.A.2014)

1.1.2 L'hydrologie

Le régime hydrologique du Hodna est lié au régime pluviométrique caractérisé par une forte irrégularité. La majorité des cours d'eaux n'ont pas de débits permanents à l'exception des oueds. Les principaux oueds sont :

- Oued El Ham,
- Oued Chair,
- Oued Ksob,
- Oued Soubella

- Oued Lougane,
- Oued El Hamel,
- Oued BouSaada. au nord.

1.1.3 La pédologie

Selon l'étude de d'après la C.P.C.S (1967), la zone d'étude comprend trois classes de sols:

Class 1: Sols minéraux brutes

Sols de profil AC, ne contenant que des traces de matières organiques dans les 20 premières centimètres supérieures.

Classe 2 : Sols calcimagnésique

Se sont des sols dont les horizons supérieures sont riches en alcalinoterreux (Ca et Mg), le profil est de type AC. AR. A(B) R; la matière organique de l'horizon A est fortement liée à la matière minérale (formation d'une bonne structure).

Classe 3: Sols isohumiques

Sont caractérisés par l'incorporation profonde (au mois jusqu'au matériel originale) de la matière organique.

1.1.4 Géomorphologie :

Le Hodna par son relief et par sa structure est une vaste dépression topographique et également un important bassin tectonique dont l'origine remonte au plissement pyrénéen (lutécien supérieure) qui a donné naissance aux premières chaînes tertiaires avec une dépression dont le djebel Meharga est devenu le centre.

C'est exactement la surface sautée entre les chaînes des montagnes qui entourent le bassin versant du Hodna et le chott lui-même, qu'est au point de vue agricole le plus intéressant

Le domaine d'étude est sauté entre les chaînes de montagne qui entourent le bassin versant du Hodna et le chott lui-même, qu'est au point de vue agricole le plus intéressant. On distingue 05 ensembles géomorphologiques :

- **Les plaines** : occupant (31%) situées dans sa partie centre Est et Sud Est. (comprise entre 800 à 1000m).

- **Les piémonts** : occupant (28%) ce sont des glacis qui forment le record entre la plaine et le relief (100 à 1200m). Avec une pente de 3 à 12,5%.

- **Les plateaux:** occupant (22%) ce sont des plates formes, situées en contre bas et en bordure des montagnes.
- **Les montagnes :** moyennes montagne occupent 6 % situé à l'Ouest de bassin versant, altitude (1000 à 1400 m).
- **Hautes montagnes :** occupent 13 %, située au sud de bassin versant et correspond au Mont de Hodna (altitude 1500 à 1885 m) avec une pente de plus de 45%.

2. Le climat

La température et les précipitations représentent les facteurs les plus importants du climat (Faurie et *al.*, 2003) et spécialement en zone méditerranéenne aride.

2.1 Les précipitations

D'après le tableau 3 la région reçoit environ 263.4 mm de pluie annuellement et une moyenne mensuelle de 21.95 mm. La wilaya de M'Sila se situe entre les isohyètes 150 mm au niveau du Chott (plaine du l'Hodna) et 500 mm au niveau des reliefs septentrionaux (Monts du l'Hodna) (Lakroune, 1999), avec une moyenne annuelle pluviométrique de 203,54 mm. Cette pluviométrie influe sur le régime du Chott El-Hodna et les oueds

Tableau 3. Précipitations mensuelles moyennes (2021)

| mois | Jan | Fév. | Mar | Avr | Mai | Juin | Juill | Aout | Sept | Oct. | Nov | Déc | Totale | Moy |
|--------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|--------|-------|
| P (mm) | 28,0 | 25,8 | 26,8 | 34,4 | 23,3 | 12,5 | 4,3 | 9,6 | 24,0 | 24,4 | 25,2 | 25,1 | 263,4 | 21,95 |

Dans ces conditions le ruissellement s'intensifie et donne naissance à des crues brusques qui dévastent tout sur leur passage. Le régime pluviométrique en fonction des saisons, il met en évidence le régime saisonnier de type APHE de la station de M'Sila avec une somme pluviométrique saisonnière est de 201,86 mm, ce qui entraînent naturellement d'importantes conséquences écologiques (Babaci et Moussai, 2020)

2.2 La température

La température est un facteur écologique important qui détermine les grandes régions climatiques terrestres où le facteur thermique agit directement sur la vitesse de réaction des individus, sur leurs abondances et leurs croissances (**Dajoz, 2006**).

Les valeurs des températures moyennes mensuelles enregistrées dans la station météorologique de M'Sila sont regroupées dans le tableau 4. D'après les données des températures (Tab. 4), il paraît que parmi les mois les plus chauds dans la région de M'Sila, Août occupe le premier rang avec une température moyenne maximale de **44 °C** alors que le mois de Janvier enregistre la valeur la plus basse avec une température de **3 °C**.

Tableau 4. Températures mensuelles maximales (M), minimales (m), moyennes $(M+m)/2$ et amplitude thermique $(M-m)$ de la région M'sila (l'année 2021).

| Mois | Janv. | Févr. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juil. | Août | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Max(M) | 14 °C | 16 °C | 19 °C | 23 °C | 28 °C | 34 °C | 42 °C | 44 °C | 32 °C | 26 °C | 19 °C | 15 °C |
| Min (m) | 3 °C | 4 °C | 7 °C | 10 °C | 14 °C | 19 °C | 38 °C | 36 °C | 19 °C | 14 °C | 8 °C | 5 °C |
| Moy(M+m/2) | 8 °C | 9 °C | 13 °C | 16 °C | 21 °C | 27 °C | 40 °C | 40 °C | 25 °C | 20 °C | 13 °C | 9 °C |
| M-m | 11°C | 12°C | 12°C | 13°C | 14°C | 13°C | 4°C | 8°C | 11°C | 12°C | 11°C | 10°C |

Les espèces sont sensibles aux variations de l'amplitude thermique saisonnière c'est à dire aux températures minimales de la saison froide et aux températures maximales de la saison chaude. Parfois; la sensibilité est même ressentie aux variations de l'amplitude thermique journalière.

2.3 Le vent

Le vent exerce une grande influence sur les êtres vivants (Faurie et *al.*, 2003). C'est un agent de dispersion des végétaux et de quelques animaux (Dajoz, 2006). Dans les régions arides les vents ont joué et jouent encore un rôle primordial dans la dégradation de la végétation et la destruction des sols. Les vents du sud sont généralement secs et froids en hiver. Selon Seltzer (1946), le vent est un des éléments les plus caractéristiques du climat, et la sensation de chaleur que nous éprouvons dépend dans une large mesure de sa force; il précise aussi que les vents font augmenter l'évapotranspiration tout en éliminant l'humidité.

2.4 Humidité

C'est la quantité d'eau présente dans l'atmosphère. Elle diminue avec l'altitude. Son rôle n'est pas à négliger car elle compense la température estivale et influe positivement sur les végétaux et les animaux. Généralement l'humidité de la région de M'Sila varie entre 24% à 75 selon les chiffres annoncés de l'office national de météorologies d'Alger.

II. Méthodologie du travail

II. 1 Choix de stations

Deux stations ont été choisies, la première station est une forêt naturelle, la forêt d'Oueld Sidi Omar ($35^{\circ}57'15''\text{N}$ et $4^{\circ}23'56''\text{E}$) avec une altitude de 909 m (Fig.5) et la deuxième est un milieu urbain ou un espace vert situé au niveau de l'université de M'sila ($35^{\circ}42'46,40''\text{N}$ et $4^{\circ}31'27,43\text{E}$) avec une altitude de 478.04 m (Fig.6)

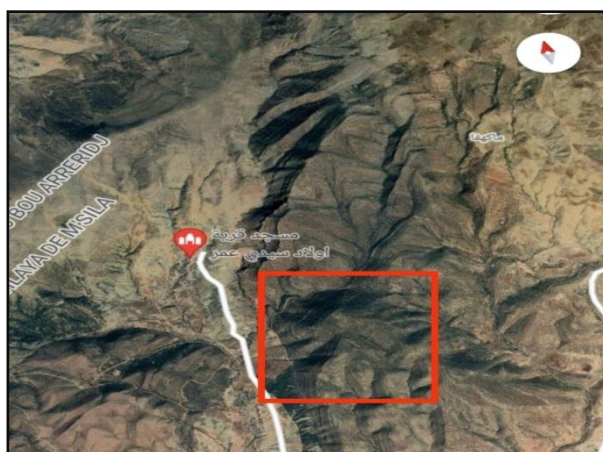


Figure 5: Photo satellitaire de la forêt d'Oueld Sidi Amor

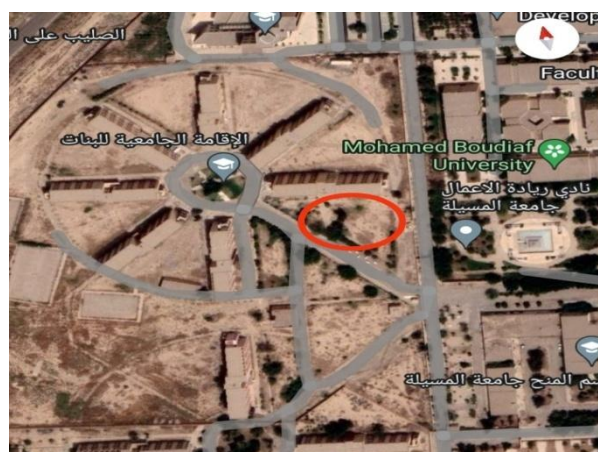


Figure 6. Photo satellitaire de milieu urbain (Université de M'Sila)

II. 2 L'échantillonnage :

Les observations et les comptages des nids d'hiver et la prise de l'orientation cardinale des nids sur chaque arbre ont été effectués dans les deux sites durant la période de Décembre 2022 à Mars 2023, une sortie chaque deux semaines. Le type d'échantillonnage utilisé dans ce travail est l'échantillonnage systématique se basant sur deux transects diagonales pour chaque site. Le nombre total des arbres sélectionnés est de cent (100) arbres par site.

II. 3 Le dénombrement des nids

Nous avons dénombré les nids de la chenille processionnaire du pin sur les arbres sélectionnés dans les deux stations. Le choix des arbres recensés est aléatoire. L'abondance totale des nids de *Thaumetopoea pityocampa* est estimée pour 100 arbres dans la forêt. La moyenne de l'abondance des nids est estimée par arbre du pin. Le taux d'infestation par l'insecte et les différents indices écologiques sont également estimés.

II.4 d'infestation Taux: c'est le pourcentage des relevés touchés sur le nombre total des relevés étudiés (Soudant et Belin, 2011).

II. 5 Indices écologique

Les indices écologiques que nous avons utilisés pour notre étude sont les suivants :

a) Abondance totale: c'est le nombre total d'individu de la même espèce sur tous les relevés de l'échantillon.

b) Équitabilité : c'est une mesure de la distribution des individus au sein d'une espèce; autrement dit, c'est la façon dont l'abondance se répartit au sein des espèces.

c) Dominance: est fournie par l'évaluation de la surface couverte par l'ensemble des individus de l'espèce.

II.6 Traitement statistique des données

Les résultats sont soumis à une analyse de la variance (ANOVA) et test de Le test de Kruskal-Wallis, à un facteur de variation, avec le seuil de 5% ($p < 0.05$) pour identifier les groupes homogènes. Aussi, nous avons fait appel à l'analyse factorielle des correspondances (AFC). Le principe de cette analyse est de représenter un phénomène multidimensionnel par un graphique à deux ou plusieurs dimensions. Les tests statistiques ont été traités par le logiciel PAST version 3.1. Le seuil de 5% a été retenu pour tous les tests.

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Le taux d'infestation de *T. pityocampa*

Les résultats obtenus, montrent que le nombre des nids d'hiver varie d'un site à un autre. La figure 7, montre que le site d'Ouled Sidi Amor affiche un nombre de nids de 2108. Concernant les arbres du pin d'Alep du milieu urbain, ce dernier présente un total de 416. Le tableau 5 indique le nombre total des nids d'hiver sur les 100 arbres repérés dans les deux stations durant la période d'étude (M'Sila).

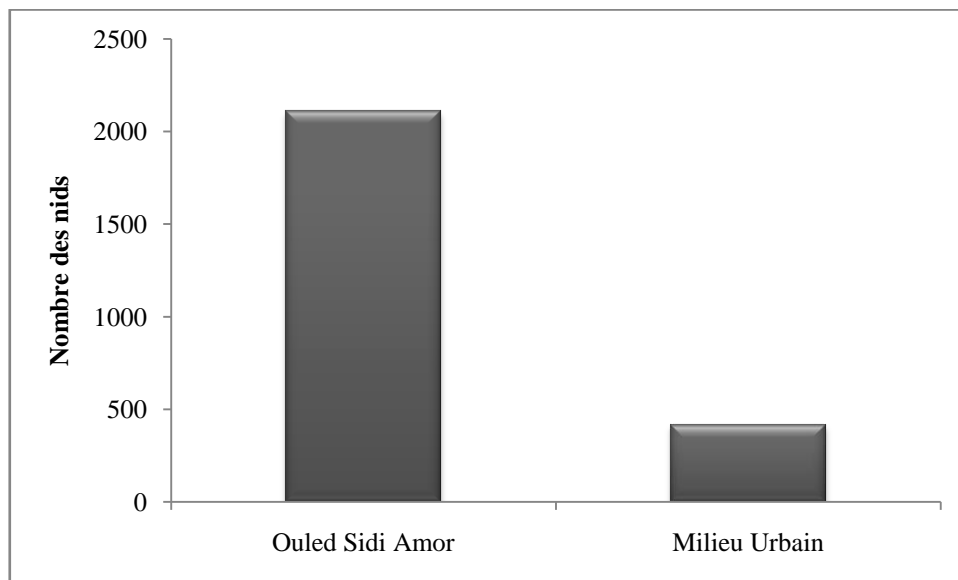


Figure 7. Nombre total des nids de la chenille processionnaire chez *P. halepensis* dans les deux sites étudiés.

Cette différence est confirmée par le test ANOVA, qui signale la présence d'une différence hautement significative du nombre des nids entre les deux sites étudiés ($F=12,79$; $P<0,05$).

Tableau 5: La densité de CP par les nids d'hiver

| Sites | Taux d'arbre infesté | Taux d'arbre non infesté |
|---|----------------------|--------------------------|
| Forêt d'Ouled Sidi Amor | 85% | 15% |
| Milieu Urbain (Espace vert de l'université de M'Sila) | 35% | 65% |

La forêt d'Ouled Sidi Amor est très infectée par CP par rapport l'année précédente selon les résultats affichés par Kherifi et Mansour (2022), un taux de 79%. Le taux d'infestation du pin d'Alep par la CP du milieu urbain (ville de M'Sila) a été plus importante au résultat de Mecheri et al. (2018) au zone semi aride à Djelfa, mais largement plus faible que chez les autres populations de pins d'Europe, notamment dans les plantations de pin en France (Régolini et al, 2014).

L'estimation de la taille de CP est très importante. La croissance de cette population peut être liée à de nombreux problèmes biologiques tels que l'adaptation écologique, la constitution génétique, l'évolution de la sélection naturelle...etc (Kherifi et Mansour, 2022).

Les interactions pin d'Alep-chenille processionnaire ont une importance écologique, économique, sociétale et scientifique qui nécessitent d'étudier à la fois les caractéristiques du pin d'Alep couplés à la biologie et à la dynamique des populations de son défoliateur afin de comprendre les facteurs qui prédisposent cette essence aux attaques, la réponse des arbres face à ces attaques soit par une résistance ou un dépérissement et les stratégies développées par l'insecte pour exploiter au mieux les arbres et se maintenir dans l'environnement (Ziouche et al., 2017).

2. La densité de CP par les nids d'hiver

Le résultat du comptage des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin effectué dans les deux sites d'étude, montre que les valeurs moyennes de la densité de CP par les nids d'hiver enregistré dans le site de d'Ouled Sidi Amor et le site de l'université sont différentes avec des valeurs moyennes respectivement de $6,68 \pm 1,08$ et $3,22 \pm 0,48$ nids /arbre des nids d'hiver (Fig. 8). Le test de Kruskal-Wallis indique que la densité de CP par arbre a été significativement variable d'un site à l'autre ($H^2=4,083$; $P < 0,05$).

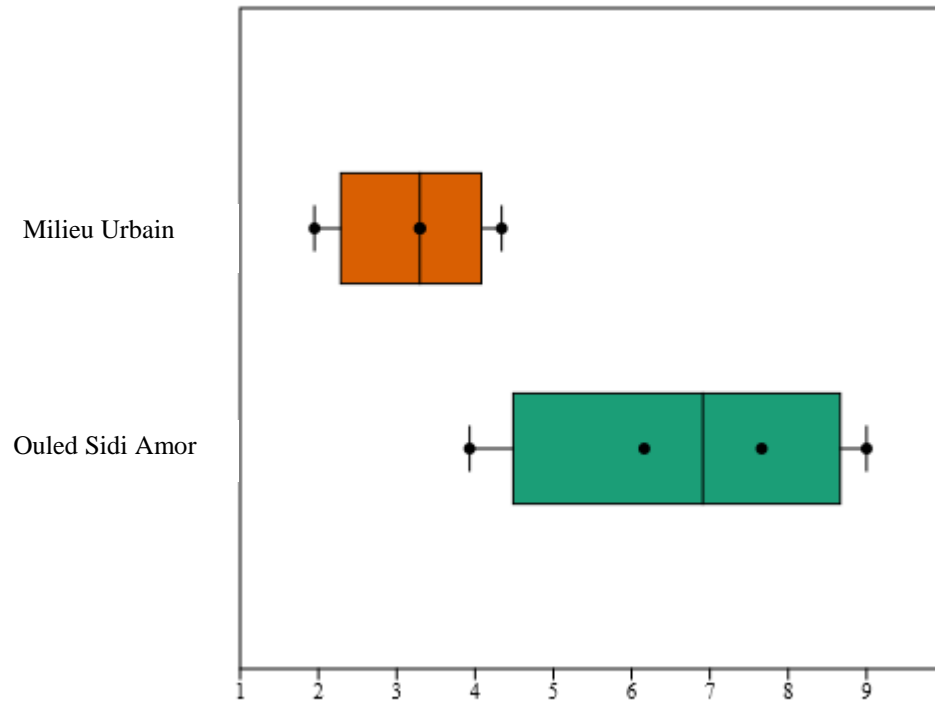


Figure 8. Boxplot des nids par arbre de la chenille processionnaire chez *P. halepensis* dans les deux sites étudiés.

L'infestation du pin d'Alep de notre région par la CP a été variable d'une région à une autre. Les pinèdes de notre région se trouvent, au Nord de l'Atlas Saharien, exposées aux influences climatiques du désert (canicules et vent de sirocco en été) (Mecheri et al, 2018). D'après Jacquet et al., (2012), la densité de CP par arbre baisse avec l'altitude. Effectivement, la densité des nids par arbre dans nos forêts semi-arides a été faible (0,95 à 1,98 nids/arbre) par rapport à la cédraie de Chréa (Algérie) (5,96 nids/arbre), sous un climat subhumide (Sbabdji et al., 2009). Outre, les gradients latitudinal et altitudinal, la densité des arbres et la diversité des essences forestières peuvent modifier le taux d'infestation par la CP et la densité de cette dernière, favorisant les arbres isolés et sommitaux.

3. Effet des directions cardinales sur le taux d'infestation de *T. pityocampa*

L'effet orientation cardinale est visible car l'abondance des nids d'hiver de la chenille processionnaire se localise dans l'ensemble sur la direction Sud et Est pour les deux stations (Fig. 9). Le test ANOVA, montre une différence hautement significative de L'effet d'orientation cardinale et nombre des nids entre les deux sites étudiés ($F=7,711$; $P<0,0001$).

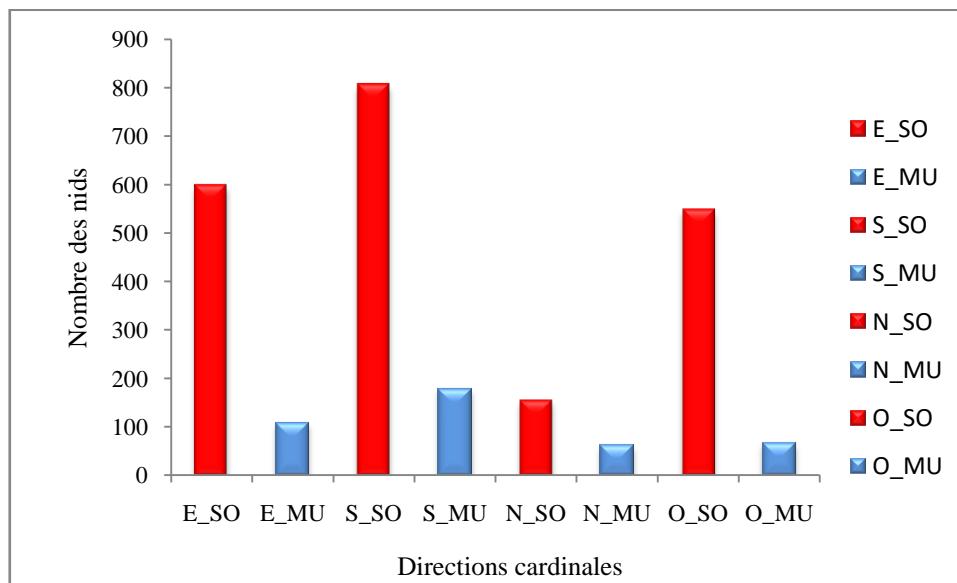


Figure 9. L'effet d'orientation cardinale de la chenille processionnaire chez *P. halepensis* dans les deux sites étudiés.

Le nombre des nids d'hiver en rapport avec la direction cardinale dans les deux sites d'étude, montre que la chenille processionnaire du pin installe de préférence ses nids d'hiver sur les parties exposées au sud et à l'est, l'ouest et parfois le nord. Selon Ziouche et al., (2017), les chenilles de la processionnaire du pin installent leurs nids d'hiver sur des branches exposées sud et ouest, sur des arbres situés entre 698m et 928m d'altitude. Nos résultats ont confirmé que l'exposition sud est la plus recherchée par la chenille processionnaire du pin.

Les chenilles processionnaires 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 effet de masse (atténuation de fortes variations de température par regroupement de nombreux individus) et insolation maximale (Hoche et al., 2009)

4.Indices écologiques

Les différents indices écologiques estimés dans la forêt d'Ouled Sidi Amor et l'espace vert de l'université sont les suivantes : une dominance égale respectivement de 0,2861 et 0,2836 et une équitabilité égale respectivement de 0,9433 et 0,9452 (Tab.6).

Tableau 6 : Les indices écologiques calculent dans la région d'étude

| | l'espace vert de l'université | Forêt Ouled Sidi Amor |
|----------------|-------------------------------|-----------------------|
| Dominance_D | 0,2861 | 0,2836 |
| Équitabilité_E | 0,9433 | 0,9452 |

D'après les résultats obtenus, l'équitabilité qui indique l'homogénéité de la distribution des nids d'hiver dans une forêt est proche à valeur 1, a enregistré des valeurs plus de 0,94 dans les deux stations, cela indique que presque tous les arbres sont attaqués par la chenille et le nombre des nids est également proche entre les arbres de forêt.

5. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)

Les données sur l'abondance, le climat et l'orientation de la nidification hivernale de *T. pityocampa* ont été soumises à une analyse factorielle des correspondances (AFC). L'analyse est satisfaisante pour l'ensemble les paramètres étudiés dans la mesure où plus de 95% de la variance est représentée sur les deux premiers axes (Fig. 10).

Les structures représentées par les nuages de variables sont hautement significatives dans la plupart des cas et permettent la mise en évidence des phénomènes et des facteurs écologiques.

Le test χ^2 est estimé à 91,625, le ddl étant égale à 39 et P est inférieur à 0,0001, démontre la dépendance entre les lignes et les colonnes est significative. En d'autres termes, il existe des différences significatives entre l'abondance, le climat et de l'orientation des nids d'hiver.

La projection des variables relatifs à l'abondance des nids d'hiver dans chaque site étudié à travers l'axe 1, représentant 65,98%, montre que les pins d'Alep présentent une différence entre le niveau d'infestation par les nids d'hiver des chenilles de *T. pityocampa* dans les différentes zones étudiées.

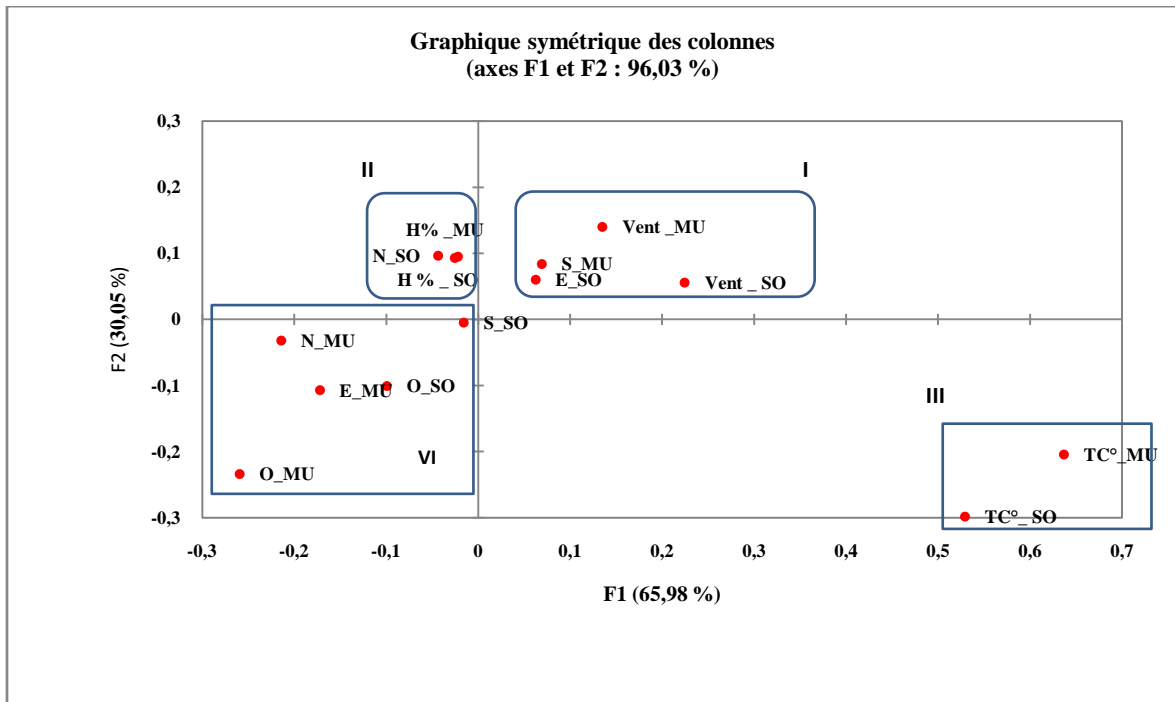


Figure 10. Projection des abondances des nids d'hiver selon les directions cardinales sur les deux axes de l'AFC.

La projection estime que les chenilles de *T. pityocampa* s'attaquent aux essences du pin d'Alep *P. halepensis* quelle que soit la région; effectivement, ces nids d'hiver sont présents dans les deux sites étudiés avec leur différence altitudinale.

En revanche, la projection des abondances et des orientations cardinales sur l'axe 2, représentant 30,05 %, indique que les sites sont caractérisés par un positionnement des nids d'hiver aux points cardinaux Sud.

La carte factorielle (Fig.10) présente une distribution des deux stations d'échantillonnage en quatre groupes à savoir:

Les axes factoriels montrent que le groupe (1) formé par les l'orientation Sud du milieu urbain, Est de la forêt d'Ouled Sidi Amor et le vent enregistrés dans les deux sites.

Le groupe 2 formé par l'humidité et l'orientation nord de la forêt d'Ouled Sidi Amor. La troisième groupe regroupe les températures des deux stations. En outre les stations: les trois orientations cardinal des pinèdes de l'université (Nord, Est et Ouest) et l'orientation Ouest de la forêt de d'Ouled Sidi Amor (groupe 4).

Conclusion

L'étude portant sur la chenille processionnaire du pin dans deux stations dans la région de M'Sila : la forêt de Sidi Amor (Hammam Dalaa-M'Sila) et le Pinède de l'université de M'Sila (Pôle Sud).

Le nombre des nids d'hiver varie d'un site à un autre, le site de Ouled Sidi Amor affiche un nombre de nids de 2018 (85%) et le site de l'université de M'Sila (Pôle Sud) présente un nombre de 416 (35%).

Le taux moyen d'infestation d'Ouled Sidi Amor est de $68 \pm 1,08$ nids /arbre des nids et le site de l'université de M'Sila est de d'El Hourane $3,22 \pm 0,48$ nids /arbre des nids d'hiver.

Les données de positionnement des nids d'hiver de *T. pityocampa* en rapport avec les directions cardinal, montrent que la projection des variables relatives à l'abondance des nids d'hiver estime que les chenilles de *T. pityocampa* installent ses nids d'hiver dans la direction cardinal Sud et Est à une altitude de 478.04 à 909 m.

Les différents indices écologiques estimés dans la forêt d'Ouled Sidi Amor et le site de l'université de M'Sila sont les suivantes : une dominance égale respectivement de 0,2861 et 0,2836, et une équitabilité égale respectivement de 0,9433 et 0,9452. Les arbres de deux sites sont presque attaqués par la chenille et le nombre des nids est important dans la forêt d'Ouled Sidi Amor. Ce qui fait, l'espèce la plus préférée pour la chenille processionnaire du pin.

Les résultats montrent que les facteurs biotiques (pathogène, insecte...) sont en étroite interaction avec les facteurs abiotiques tels que le climat (le gel, chute de neige), le sol... qui agissent de manière significative sur la qualité et la quantité des ressources et des sites de reproduction de ce ravageur.

La stratégie de lutte contre la chenille de la processionnaire du pin devrait être basée sur la prévention par le biais d'une compréhension plus holistique aux facteurs écologiques.

Références bibliographiques

- Agenjo, R.1941.** Monographia de la familia des Thaumetopoeidae (Lep.). *Eos, Revista Espanola de Entomologia*, 17, 69-130.
- Albouy, V., Hodebert, G. & Fouquet, A. 2017.** *Le Petit guide entomo*. Delachaux et Niestlé, Paris. 400 pp.
- Bouchon, J., & Toth, J. 1971.** Étude préliminaire sur les pertes de production des pinèdes soumises aux attaques de la Processionnaire du Pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. In *Annales des sciences forestieres*, 28(3), 323-340.
- Bouchou, L. 2015.** Les parasitoïdes embryonnaires de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff et leur importance dans quelques peuplements de pin et de cèdre du Nord de l'Algérie (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat, ENSA El-Harrach-Alger-Algeria).
- Cadahia, D., & Insua, A. 1970.** Estimation of the injury caused by *Thaumetopoea pityocampa* in *Pinus radiata* plantations. *Boletin del Servicio de Plagas Forestales*, 13(26), 159-71.
- Cadahia, D., Enriquez, L., & Sanchez, A. 1975.** Sexual attraction in *Thaumetopoea pityocampa*. *Boletin, Servicio de Defensa contra Plagas e Inspeccion Fitopatologica*, 1(1), 1-11.
- C.P.C.S . 1967.** Classification des sols. Ed. I.N.R.A Paris. 96p.
- Dajoz, R. 2006.** Précis d'Ecologie. Dunod. Paris, 640p.
- Demolin, G. 1969.** Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Dispersion spatiale, importance écologique. *Ann. Sci. Forest.* 26(1), 81 102.
- 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*, 33-56.
- D.S.A, 2014.** Superficie totale de périmètre irrigue et les rendements des cultures, Manuel, 5p
- Faurie C., Ferra C., Medori P., Devaux J. & Hemptienne J.L., 2003.** Ecologie. Approche scientifique et pratique. 5ème édition, Ed.Tec& Doc. Paris. 407p.
- Fralval, A., 2007.** Les Processionnaires, 1ère partie La Processionnaire du pin. *Insectes* 147: 35–39.

- Guerrero, A., Camps, F., Coll, J. et Riba, M. 1981.** Identification of a potential sex pheromone of the processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* Lepidoptera, Notodontidae). *Tetrahedron Letters* ,22 (21), 2013-2016.
- Hoch, G., Toffolo, E.P., Netherer, S., Battisti, A., & Schopf, A. 2009.** Survival at low temperature of larvae of the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* from an area of range expansion. *Agricultural and Forest Entomology*, 11, 313-320
- Huchon, H. et Demolin, G. 1970.** La bioécologie de la processionnaire du pin. Dispersion potentielle, dispersion actuelle. *Rev. For. Fr. XXII*, 220-234.
- 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.
- Kadik, B., 1987.** Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) en Algérie: écologie; dendrométrie, morphologie. Office des publications universitaires (Alger), 222p.
- Kherifi, S., & Mansour, K. 2022.** Diagnostic du taux d'infestation de la chenille processionnaire du pin: *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Denis & Shiffermuller, 1775) dans la région d'El-Haurane (Wilaya de M'Sila).mémoire Master, Université Mohamed Boudiaf- M'Sila.
- Lakroune, A. 1999.** Caractérisation hydrogéochimique des eaux souterraines du Hodna (cas de M'Sila). Thèse d'ingénieur Agronome, INA, Alger, 55pp.
- Laurent-Hervouet, N. 1986.** Mesure des pertes de croissance radiale sur quelques espèces de *Pinus* dues à deux défoliateurs forestiers .I. Cas de la processionnaire du pin en région méditerranéenne. *Ann.Sci.For*, 43(2), 239-262
- Leakey, Richard E ; Lewin, Roger. 1995.** The sixth extinction : biodiversity and its survival. New York : Doubleday
- Lemoine, B. 1977.** Contribution à la mesure des pertes de production causées par la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) au Pin Maritime dans les Landes de Gascogne. *Annales Des Sciences Forestieres* ,34(3): 205-214).
- Martin, J.C. 2005.** La processionnaire du pin : *Thaumetopoea pityocampa* (Denis et Schiffermüller). Biologie et protection des forêts. Synthèse des recherches bibliographiques et des connaissances, INRA Avignon.

- Martin, J.C., Bonnet, C. et 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).
- Martin, J. C., & Mazet, R. 2001.** Winter control of pine processionary caterpillar. *Phytoma La Defense des Vegetaux (France)*.
- Mecheri, H., Kouidri, M., Boukheroufa-Sakraoui, F., & Adamou, A. E. 2018.** Variation du taux d'infestation par *Thaumetopoea pityocampa* du pin d'Alep: effet sur les paramètres dendrométriques dans les forêts de la région de Djelfa (Atlas saharien, Algérie). *Comptes Rendus Biologies*, 341(7-8), 380-386.
- Messaili, B., 1995.** Systématique des spermaphytes, Botanique. Cours destinés aux agronomes. O.P.U Alger, p19-20.
- Mezali, M., 2003.** Rapport sur le secteur forestier en Algérie. 3ème session du forum des nations unis sur les forêts, 9 p.
- Nahal, I. 1962.** Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. *Ann. Ecole Nat. Eaux Forets, Nancy*, 19, 473–686.
- Paiva, M. R., Santos, H., Kerdelhue, C., Mateus, E. P., Branco, M., Silva, A. M., ... & Salgado, R. 2011.** Can climate change drive speciation. In *Proceedings of the global conference on global warming-2011. Lisbon, Portugal* (pp. 779-783).
- Parde, J., et Bouchon, J. 1988.** Dendrométrie. Deuxième Edition. ENGREF. Paris
- Quézel, P. 1986.** Les pins du groupe "halepensis": écologie, végétation, écophysiologie. Options méditerranéennes. *Série Etude CIHEAM*, 86(1), 11-24
- Quézel,, P. et Médail, F. 2003.** Ecologie et biogéographie des forêts du Bassin méditerranéen, Lavoisier, Paris.
- Régolini, M., Castagneyrol, B., Dulaurent-Mercadal, A. M., Piou, D., Samalens, J. C., & Jactel, H. 2014.** Effect of host tree density and apparency on the probability of attack by the pine processionary moth. *Forest ecology and Management*, 334, 185-192.
- Rousselet, J., 2011.** La chenille processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* ravageur forestier à la nuisance urbaine. Centre de recherché d'Orléans.INRA, 2p.
- Sbajdji, M., El Hadi, O., Haddad, A., Kadik, B., & Lambs, L. 2009.** Cedar tree growth (*Cedrus atlantica* Manetti) in Chréa National Park, Algeria, and the influence of

- defoliation by the pine processionary caterpillar (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.). *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 64(4), 323-332.
- Seltzer P., 1946.** Le climat de l'Algérie .Institut météo. Phys. Globe de l'Algérie, Alger 219p.
- Serre, F. 1973.** Contribution à l'étude dendroclimatologique du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.). Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille III, France, 236 p.
- Soudant, D., & Belin, C. 2011.** Note sur l'approche statistique de la diversité en écologie. Application à l'indice composition pour le phytoplancton-Convention 2010-Action 1.
- Ziouche, S., Baali, F., Moutassem, D., & Djazouli, Z. E. 2017.** Stratégies de choix de l'emplacement des nids d'hiver de *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermüller, 775) au niveau de trois pinèdes dans la région de bordj bou arreridj (algérie). *Agrobiologia*, 7(2), 412-426.

مقارنة بين إصابة دودة الصنوبر الجرارة: لبينة حضرية (بلدية المسيلة) وبينة طبيعية: غابة الحوران (حمام الضلعة)

الملخص: دودة الصنوبر الجرارة هي من الآفات الرئيسية التي تسبب أضرارًا جسيمة لغابات الصنوبر الحلبي على ساحل البحر الأبيض المتوسط. إن موضوع عملنا يهدف إلى دراسة تباين معدل الإصابة بواسطة دودة الصنوبر الجرارة باستخدام تباين الارتفاع والتوجه الأساسي لأعشاش الشتاء من دودة الصنوبر الجرارة في منطقتين مختلفتين الأولى غابة أولاد سيدي عمر (حمام الضلعة- المسيلة) و الثانية منطقة حضرية تتمثل في محيط غابي بجامعة المسيلة. بلغ معدل الإصابة بـ 85% لموقع أولاد سيدي عمر و 35% لموقع الجامعة. كثافة دودة الصنوبر الجرارة من الأعشاش الشتوية في موقعي أولاد سيدي عمر و الجامعة مختلفين مع قيم كل منها $1,08 \pm 6,68$ و $0,48 \pm 3,22$ عش / عش شتوي. أقامت معظم اليرقات أعشاشها الشتوية على الفروع المواجهة للجنوب و الشرقية، على أشجار تقع على ارتفاع يتراوح بين 478.04 م و 909 م. تهاجم دودة الصنوبر الجرارة كل أشجار الصنوبر الحلبي بغض النظر عن المنطقة والارتفاع.

الكلمات المفتاح: دودة الصنوبر الجرارة الصنوبر، الصنوبر الحلبي ، علو ، تآكل أوراق الشجر ، المسيلة

Comparaison de l'infestation de la chenille processionnaire du pin : *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Denis & Shiffermuller, 1775) d'un milieu urbain (Commune de M'Sila) et d'un milieu naturel: Forêt d'El Haourane (Hammam Dalaa)

Résumé : Le principal ravageur à feuilles résineux, *Thaumetopoea pityocampa* Shiff., cause de graves dégâts aux forêts de pins d'Alep sur la côte méditerranéenne. L'objet de notre travail consiste à étudier la variation du taux d'infestation par la CP et la densité de celle-ci en utilisant la variabilité de l'altitude et l'orientation cardinale des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin dans deux stations, la forêt d'Ouled Sidi Amor (Hamma Dalaa- M'Sila) et le milieu urbain de la cité l'universitaire Hassouni (M'Sila). Le taux d'infestation par la CP affiche 85% au site de Ouled Sidi Amor et 35% pour le site de milieu urbain (Espace vert de l'université de M'Sila). La densité de CP par les nids d'hiver dans les deux sites d'Ouled Sidi Amor et le site de l'université sont différentes avec des valeurs moyennes respectivement de $6,68 \pm 1,08$ et $3,22 \pm 0,48$ nids /arbre des nids d'hiver. Dans la majorité les chenilles installent leurs nids d'hiver sur les rameaux à orientation Sud et Est, sur les arbres situés à une altitude comprise entre 478.04 m à 909 m. *T. pityocampa* s'attaquent aux arbres du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) quelque soit la région et l'altitude.

Mots clés : *Thaumetopoea pityocampa*, pin d'Alep, altitude, défoliateur, M'Sila

Comparison of the infestation of the pine processionary caterpillar: *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Denis & Shiffermuller, 1775) of an urban environment (Commune of M'Sila) and a natural environment: Forest of El Haourane (Hammam Dalaa).

Abstract: The main falling leaf pest, *Thaumetopoea pityocampa* Shiff., causes severe damage to Aleppo's pine forests on the Mediterranean coast. The object of our work is to study the variation in the rate of infestation by the CP and its density using the variability of altitude and the cardinal orientation of the winter nests of the pine procession caterpillar in two stations, the forest of Ouled Sidi Amor (Hamma Dalaa- M'Sila) and the urban environment of the university of M'Sila. The infestation rate by the CP shows 85% in Ouled Sidi Amor forest and 35% for the site of the urban environment (Garden of M'Sila university). The density of CP by winter nests in both the Ouled Sidi Amor sites and the university site are different with average values of 6.68 ± 1.08 and 3.22 ± 0.48 nids/tree respectively. In the majority of the hives install their winter nests on the branches with a south and east orientation, on the trees located at an altitude between 478.04 m and 909 m. *T. pityocampa* attack Aleppo pine trees (*Pinus halepensis*) regardless of region and altitude.

Keywords: *Thaumetopoea pityocampa*, Aleppo Pine, altitude, defoliator, M'Sila.