République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Université Dr. Yahia Farès de Médéa

Faculté des Sciences

Mémoire
Présenté pour obtenir le diplôme de **Master**

Département des sciences de la nature et de la vie

Spécialité : **Ecologie**

Présente par : **LAKRID AHMED**

Distribution des nids d'hiver de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiffer Müller (Lep, Thaumetopoeidae) dans quelques peuplements forestiers de la région de Ain Boussif W Médéa.

Soutenue publiquement le : 25/06/2023

Devant le jury composé de :

Mr. **AIT MOUHEB H.**	MCB	UYFM	Examinateur
Mr. **MAHDJOUBI D.**	MCB	UYFM	Président
Mme. **KHELLAF N.**	MCB	UYFM	Promotrice

2022/2023

Dédicaces

Tout en remerciant Allah le Tout Puissant, je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents, car s'il arrive que l'on considère ce que je fais je ne l'ai fait que grâce à leurs sacrifices et prières.

A la mémoire de ma grande mère et mes grands-pères.

A mes enfants

A mes frères, et ma sœur.

Je tiens aussi à le dédier à ma chère épouse que je remercie pour sa patience et tout cequ'elle continue de faire pour rester merveilleuse.

À tous mes amis

À tous mes chers enseignants qui ont enseignants moi

Remerciements

A l’issue de ce travail, nous remercions avant tout DIEU, le Tout Puissant, de nous avoir donnéla volonté, le courage et la patience pour terminer ce travail.

Nos profonds remerciements sont adressés à notre promotrice Mme. Kellaf N, enseignante à l’université de Médéa, d’avoir accepté de diriger notre travail avec beaucoup de compétence et d’efficacité.

Nous tenons à remercie sincèrement Mr. MAHDJOUBI D, enseignant à l’université de MEDEA pour l’honneur qu’il nous fait En acceptant de présider le jury de ce travail. Nous tenons également à exprimer notre profonde gratitude à Mr. AIT MOUHEB H enseignant à l’université de Médéa pour l’honneur qu’il nous fait en acceptant d’examiner notre travail.

Nous adressons nos remerciements aux responsables de la Circonscription des forêts de Ain Boucif, et aux forestiers, Dahmani djamel, et monsieur kchaida abdelazize, trouvent nos sincères remerciements pour nous avoir facilité nos sorties au terrain.

Résumé

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 surface d'environ 4 millions d'ha et le pin d'Alep occupe la première place dans cette surface forestière avec 35% de couverture.

En plus des pertes dues principalement aux facteurs de dégradations anthropiques, aux incendies, et à la surexploitation, la chenille processionnaire du Pin T*haumetopoea pitycampa,* est considéré comme le principal insecte défoliateur des Pins.

L'objectif de notre étude est d'apporter des informations sur les infestations de la processionnaire du pin dans la région de Ain Boucif dans la wilaya de Médéa, Les données assemblées permettent de déterminer l'abondance des nids dans les milieux prospectés et comment cette espèce se distribue en fonction de plusieurs variables : l'exposition, l'altitude et la hauteur des arbres du pin d'Alep.

L'échantillonnage a été effectué dans quatre stations différentes, selon un plan d'échantillonnage systématique, suivant un transect tracé en zigzag.

Les résultats de dénombrement des nids d'hiver, de la hauteur des arbres, la position des nids parrapport à l'arbre, et l'emplacement des nids selon les points cardinaux des stations, ont été traités par le logiciel Excel 2007 et l'analyse de la variance et l'analyse croisé sont réalisée par le logiciel statistica.8

Les résultats obtenus ont montré que, la chenille processionnaire du pin installe de préférence ses nids sur la partie médiane des arbres et les parties orientées Sud et Ouest.

La distribution des nids d'hiver est influencée par l'exposition et la hauteur des arbres mais pas par l'altitude. Cette modeste étude ouvre la porte à d'autres études plus détaillées dans ce domaine.

Mots clés : altitude ; défoliateur; dynamique spatiale; hauteur d'arbre ; orientation cardinal ; *Pinus halepensis* ; Processionnaire du pin..

ABSTRACT

Forest ecosystems are a natural wealth, subject to different variables that condition their diversity and their productivity.

In Algeria the forest areas cover an area of about 4 million ha and the Aleppo pine occupies the first place in this forest area with 35% coverage.

In addition to losses mainly due to anthropogenic degradative factors, fires, and over exploitation, the processionary caterpillar of the pine Thaumetopoea pitycampa, is considered as the main defoliator insect of Pines.

The objective of our study is to provide information on pine processionary infestations in the region of Ain Boucif the stat of Medea. The assembled data make it possible to determine the abundance of the nests in the prospected environments and how this species is distributed according to several variables: the exposure, the altitude and the height of the trees of the Aleppo pine.

Winter nest counts, tree height, nest positions relative to the tree, and nest location along the cardinal points of the stations were processed by Excel 2007 Variance analysis and cross analysis are performed by statistica.8 software.

The results obtained showed that the pine processionary caterpillar prefers its nests on the middle part of the trees and the south and west facing parts.

The distribution of winter nests is influenced by tree exposure and height but not by altitude. This modeste study opens the door to further studies in this field.

Keywords: altitude; cardinal orientation; defoliator; height of shaft; Pine processionary; *Pinus halepensis*.

ملخص

الأنظمة الايكولوجية للغابات هي ثروة طبيعية، تخضع لمتغيرات مختلفة تحافظ على تنوعها وإنتاجيتها .تغطي المناطق الغابية في الجزائر مساحة تبلغ حوالي 4 ماليين هكتار وتحتل مساحة غابات الصنوبر الحلبي المركز الأول بنسبة تغطية تقدر ب35.٪ بالإضافة إلى الخسائر الناجمة أساسا عن العوامل البشرية، الحرائق، والاستغلال المفرط، فالصنوبر الحلبي يتعرض آلفات حشرة الجاذوب pitycampa Thaumetopoea، التي تعتبر من الحشرات الرئيسية أكلة الأوراق أشجار الصنوبر . الهدف من دراستنا هو تقديم معلومات عن إصابات الصنوبر في منطقة عين بوسيف، البيانات المجمعة تمكن من لتحديد وفرة الأعشاش في مناطق البحث وكيفية توزيع هذه الأنواع على أساس عدة متغيرات: اتجاه التعرض، والارتفاع على مستوى سطح البحر وطول ا شجار الصنوبر الحلبي.

أجريت عملية أخذ العينات في أربع محطات مختلفة، وفقاً لخطة منتظمة اخذ العينات وفق مخطط متعرج .تمت معالجة تعداد الاعشاش الشتوية، وطول الأشجار، ومواقع الأعشاش على مستوى الأشجار، وجهة تعرض الاعشاش للجهات الأربعة الأساسية بواسطة Excel 2007 وتم تنفيذ تحليل التباين والتحليل المتقاطع بواسطة برنامج statistica.8

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن حشرة الجاذوب تفضل وضع أعشاشها على الجزء الأوسط من الأشجار والأجزاء التي تواجه الجنوب والغرب .يتأثر توزيع أعشاش الشتاء بجهة التعرض وطول الأشجار ولا يتأثر بالارتفاع على مستوى سطح البحر .هذه الدراسة المتواضعة تفتح الباب لمزيد من الدراسات المفصلة في هذا المجال .

كلمات مفتاحية: الارتفاع على مستوى سطح البحر، جهات التعرض، طول الأشجار، حشرة الجاذوب، الصنوبر الحلبي.

Sommaire

Dédicace

Remerciement

Résumé

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction 1

Chapitre I : Synthèse bibliographie

I. Données sur le pin d'Alep

1. Position systématique de l'espèce 4

2. Description botanique 5

3. Répartition géographique 9

3.1 Dans le monde 9

3.2. En Algérie 11

4. Exigences écologiques de l'espèce 13

5. Facteurs édaphiques 14

6. Importance économique du pin d'Alep 14

II. données sur la processionnaire du pin d'Alep

1. Position systématique de la processionnaire du pin dans le règne animal 15

2. Comportement biologique de l'espèce 15

3. Impact des facteurs écologiques sur la répartition de la processionnaire de pin 21

3.1 La température 21

3.2 Pluviométrie Altitude et latitude 21

3.3 Photopériode 22

4. Principales essences hôtes de l'insecte 22

5. Importance des dégâts 23

6. Conséquences écologiques 24

7. Conséquences économiques 24

8. Propriétés urticantes de l'insecte 25

9. Principaux ennemis naturels **26**

10. Moyens de lutte **26**

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

Partie 1 : Présentation de la zone d'étude

1. Situation géographique de l wilaya de "Médéa" **32**

2. Localisation géographique de la commune d'Ain boucif. **33**

3. Le relief **33**

4. Le Sol 34

5. Faune **34**

6. couvert végétale **34**

7. Facteurs climatiques de la zone d'étude **34**

8. Synthèse climatique **38**

Partie 02: Choix et caractéristique des stations d'études

1. Choix des sites d'étude **40**

2. Méthodologie adoptée **43**

3. Méthodes d'analyse statistique **44**

Chapitre 03 : Résultats et discussions

1. Analyse fréquentielle des nombres des nids au niveau des quatre stations prospectées **47**

2. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver des en fonction de l'altitude **51**

3. Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver en fonction de l'exposition **52**

4. Répartitions des nids d'hiver en fonction des hauteurs des arbres **54**

5. Répartitions des nids d'hiver en fonction de l'exposition et de leur position sur l'arbre **57**

Conclusion **64**

Références **66**

LISTE DES ABBREVIATION

DGF : Direction générale de la forêt.

O.N.M : Office National Météorologique.

% : pourcent.

°C : degré Celsius.

T.min : Température Minimale.

T.max : Température Maximale.

T.moy : Température Moyenne.

P : Précipitation.

N : Nombre.

Jan : janvier.

Fév : février.

Mar : mars.

Avr : avril.

Mai : mai.

Jn : juin.

Jl : juillet.

At : août.

Sep: septembre.

Oct : octobre. **Nov :** novembre. **Déc :** décembre. **Ha :** hectare.

Km : kilomètre.

mm : millimètre.

S: second.

Tp : *Thaumetopoea pityocampa.*

Bt : *Bacillus thuringiensis.* **ANOVA :** Analyse of Variance.

P : probabilité.

Moy : moyen.

F : Fisher.

Dgr de : degré de liberté.

SC : somme de carrés.

MC : carré moyen.

N : nord.

S : sud.

E : est.

W : ouest

RN : route national

LISTE DES TABLEAUX

- **Tableau 01 : Superficies occupé par le pin d'Alep dans quelques pays du monde. (Laleg, 2017)** **11**
- **Tableau 02 : Moyennes des températures annuelles maximales, minimales.** **35**
- **Tableau 03. Moyennes mensuelles des précipitations dans la région de Ain Boucif durant la période (2009-2019).** **36**
- **Tableau 04. Moyennes des vitesse du vent (km/h) dans la région de Ain Boucif en (2019).** **37**
- **Tableau 05. Moyennes des Humidité de l'aire dans la région d'Aine Boucif** **38**
- **Tableau 06 : synthèse des données des sites d'étude** **40**
- **Tableau 07. Synthèse de l'analyse fréquentielle des nombres des nids d'hiver.** **47**
- **Tableau 08 : Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés dans les stations 01 et 04.** **51**
- **Tableau 09 : Test de Newman-Keuls des hauteurs des arbres au niveau des quatre stations.** **56**
- **Tableau 10 : Nombre des nids en fonctions de l'exposition et de la position sur l'arbre** **57**
- **Tableau 11 : Analyse de la variance du nombre de nids en fonction de l'orientation et leur position sur l'arbre au niveau de la station 1** **59**
- **Tableau 12 : Analyse de la variance du nombre de nids en fonction de l'orientation et leur position sur l'arbre au niveau de la station 2** **60**
- **Tableau 13 : Analyse de la variance du nombre de nids en fonction de l'orientation et leur position sur l'arbre au niveau de la station 3** **60**
- **Tableau 14 : Analyse de la variance du nombre de nids en fonction de l'orientation et leur position sur l'arbre au niveau de la station 4** **61**

LISTE DES FIGURES

- **Figure N° 01** : L'écorce du pin d'Alep (Photo : Marie PORTAS . 2017) 5
- **Figure N° 02** : Les rameaux du pin d'Alep. (Photo : Liliane ROUBAUDI. 2017) 5
- **Figure N° 03** : Les feuilles du pin d'Alep. (Photo : Mathieu MENAND. 2017) 6
- **Figure N° 04** : La fleure du pin d'Alep. (Photo : Liliane ROUBAUDI. 2017) 6
- **Figure N° 05** : Cône du pin d'Alep. (Photo : Genevieve BOTTI. 2017) 7
- **Figure N° 06** : Cône ouverte du pin d'Alep. (Photo : Mathieu MENAND. 2017) 7
- **Figure N° 07** : Les grains du pin d'Alep. (Photo : Liliane ROUBAUDI. 2017) 8
- **Figure N° 08** : Le bois du pin d'Alep. (Photo : Marie PORTAS . 2017) 8
- **Figure N° 09** : La résine du pin d'Alep. (Photo : Marie PORTAS . 2017) 9
- **Figure N° 10** : Aire de répartition du Pinus halepensis Mill dans le monde (Quézel, 1980). 9
- **Figure N° 11** : Aire de répartition naturelle du pin d'Alep en Algérie. (Seigue 1985) 12
- **Figure N° 12** : Cycle de développement de la processionnaire du pin Thaumetopoea pityocampa 16
- **Figure N° 13** : Accouplement des papillons de processionnaires du pin (Martin, 2005, Photo Démolin G.) 17
- **Figure N° 14** : Ponte de la processionnaire sur pin 18
- **Figure N° 15 :** (a) Début de construction du nid d'hiver sur pin d'Alep par les chenilles du troisième stade larvaire. 19
- **Figure N° 16 :** Chrysalide de la chenille processionnaire du pin. 20
- **Figure N° 17 :** Défoliation d'un Pin d'Alep à Ain Boucif 23
- **Figure N°18 :** urtications chez les personnes sensibles 24
- **Figure N° 19 :** poils urticants Localisation des « miroirs » des chenilles processionnaires du pin (Martin, 2005, Photo Démolin) 25
- **Figure N° 20 :** Complexe prédateurs - parasites de la chenille processionnaire du pin (Bonnet et al. 2008) 26
- **Figure N° 21 :** Echenilloir à gauche (K3D Lyon Chenilles) 27
- **Figure N° 22 :** Piégeage des chenilles lors de la nymphose (Martin & Brinquin, 2016). 28
- **Figure N° 23 :** Prédation par les mésanges (Martin et Pesme-Glemin, 2010) 29
- **Figure N° 24 :** Résultats expérimentaux des tests comparatifs des pièges à phéromones (Martin et Bonnet, 2008 30
- **Figure N° 25 :** Carte des communes de la wilaya de Médéa. 32

LISTE DES FIGURES

- **Figure N° 26 :** Délimitation de la zone d'Ain boucif. 33
- **Figure N° 27 :** Variations des précipitations mensuelles de 2009 à 2019 dans la région de Ain Boucif. 37
- **Figure N° 28 :** Diagramme ombrothermique de la région de ain Boucif (2009-2019). 39
- **Figure N° 29 :** Climagramme pluviothermique d'Emberger. 40
- **Figure N° 30 :** Vue général de la station N°04(original) 41
- **Figure N° 31 :** vue général de la station N° 03(originale). 41
- **Figure N° 32 :** vue général de la station N° 01(originale). 42
- **Figure N° 33 :** vue général de la station N° 02(originale). 42
- **Figure N° 34 :** Localisation des quatre stations sur la carte géographique, Ain Boucif. 43
- **Figure N° 35 :** Dénombrement des nids d'hiver (originale). 44
- **Figure N° 36 :** Analyse fréquentielle de nombre des nids dans la station1 (El Gharbia). 48
- **Figure N° 37 :** Analyse fréquentielle de nombre des nids dans la station 2 (El Barda) 48
- **Figure N° 38 :** Analyse fréquentielle de nombre des nids dans la station 3 (Kaaf Maesker) 49
- **Figure N° 39 :** Analyse fréquentielle de nombre des nids dans la station 4 (Kaf Lakhdhar) 49
- **Figure N° 40 :** Comparaison des moyennes des nombres des nids par arbre en fonction de l'altitude. 52
- **Figure N° 41 :** Comparaison des moyennes des nombres des nids par arbre dans les stations prospectées en fonction de l'exposition. 53
- **Figure N° 42 :** Relation entre la hauteur des arbres et les nombres de nids dans la station 1. 54
- **Figure N° 43 :** Relation entre la hauteur des arbres et le Nombres de nids dans la station 2. 54
- **Figure N° 44 :** Relation entre la hauteur des arbres et les nombres de nids dans la station3 55
- **Figure N° 45 :** Relation entre la hauteur des arbres et le nombre de nids dans la station4 55
- **Figure N° 46 :** Relation entre la hauteur des arbres et les nombres de nids dans les quatre stations. 56
- **Figure N° 47 :** Comparaison des moyennes des nids en fonction de leur position sur l'arbre. 58

- **Figure N° 48 :** Comparaison des moyennes des nids en fonction de leur exposition. 59
- **Figure N° 49 :** Projection des abondances des nids d'hiver selon les points cardinaux et leur position sur l'arbre sur les deux axes de l'ACP. 61

Introduction

Introduction :

L'écosystème forestier est une richesse naturelle, un milieu vivant, sa constitution et sa répartition géographique jouent un rôle très déterminant dans la protection de la nature contre les phénomènes d'érosion et de la désertification surtout dans les zones semi arides (Bouchou, 2015).

En Algérie les massifs forestiers couvrent environ 4 millions d'ha, soit moins de 2% de la superficie du pays et de l'ordre de 8% pour le Nord du pays.

En réalité, La vraie forêt ne représente cependant que1.3 millions d'ha, le reste étant constitué de maquis et de garrigues et les terres improductive aux potentialités forestières. Le déficit forestier est évalué aujourd'hui à environ 3,8 millions d'ha.

L'effort national destiné à étendre la couverture forestière n'arrive même pas compenser les pertes dues principalement aux facteurs de dégradations anthropiques, aux incendies, au surpâturage et à l'exploitation de la forêt (DGF. 2004).

Le pin d'Alep Pinus halepensis est l'une des espèces dominantes par ses peuplements répartis sous forme de grands massifs sur l'ensemble du Nord Algérien. Cette espèce localisée dans la majorité des variantes bioclimatiques méditerranéennes de l'Algérie, peuplant même les zones les plus hostiles en marge du Sahara et de la steppe. Il forme des forêts importantes dont les valeurs écologiques sont variables (Quezel, 1986).

Le pin d'Alep couvre 35% des surfaces boisées de l'Algérie du Nord, soit environ 800.000 ha (Mezali, 2003). De part sa plasticité et de ses faibles exigences, le pin d'Alep reste l'espèce la plus utilisée dans les reboisements et dans la reconstitution des zones dégradées. Son rôle se manifeste par la fixation du sol par les racines d'une part et par la formation d'un couvert végétal assez large protégeant ce sol contre les pluies torrentielles d'autre part. Il s'accommode à tous les sols, lorsque les conditions climatiques lui sont favorables (Seigue, 1985 ; Bentouati et al., 2005).

La forêt algérienne abrite une diversité biologique significative. Plusieurs organismes (insectes, plantes, champignons …) interagissent directement ou indirectement avec les arbres et constituent des éléments naturels et intégraux des écosystèmes. La majorité de ces interactions ne causent pas de bouleversements aux arbres, mais parfois les explosions démographiques de certains d'entre eux peuvent impliquer la réduction de la croissance, la difformité et même la mort de l'arbre (Chararas, 1977).

La chenille processionnaire du Pin Thaumetopoea pityocampa, est le principal insecte défoliateur des Pins et du cèdre dans le pourtour méditerranéen (Robinet et al.2011) son aire de

Introduction Générale 2 répartition est en synchronisation avec l'évolution du climat (Rousselet, 2011).par leur voracité alimentaire des aiguilles, les chenilles entrainent une défoliation de l'arbre souvent totale, conduisant à un affaiblissement conséquent des peuplement permettant ainsi l'installation à d'autres ravageurs secondaire, particulièrement des xylophages (Bouchou, 2015).

L'effet des défoliations sur la croissance et la productivité des arbres reste mal compris, intégrant de nombreux processus éco-physiologiques au-delà d'une simple réduction de la photosynthèse (Mecellem, 2014).

L'objectif de la présente étude est d'apporter des informations sur les infestations de la processionnaire du pin dans la région de Ain boucif , les données assemblées permettent de déterminer l'abondance des nids dans les milieux prospectés et comment cette espèce se distribue en fonction de plusieurs variable : l'exposition, l'altitude et la hauteur des arbres du pin d'Alep. Ces variables permettent une réflexion sur la dynamique des populations de ce ravageur au cours du temps, et de contrôler la stratégie d'attaque en fonction de type de peuplement.

Ce travail est divisé en trois parties, dans la première on s'intéresse à une synthèse bibliographique sur la processionnaire du pin, et le Pin d'Alep, principale plante hôte de ce ravageur.

La présentation de la zone d'étude, et de la méthodologie adoptée est traitée dans le second volet de ce mémoire.

La dernière partie est réservée à la présentation des résultats et leur interprétation et en fin on termine par une conclusion.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. Données sur le pin d'Alep :

1. Position systématique de l'espèce :

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) appartient à un groupe de pins dans lequel plusieurs espèces ont été décrites par la majorité des systématiciens. Il s'agit de *Pinus halepensis* Mill et de *Pinus brutia* Ten (Quézel & Barbero, 1992).

La classification récente du genre *Pinus*, sous-genre *Dyploxylon*, ou pins «durs» à tendanceà regrouper les deux espèces *P. halepensis* et *P.brutia* avec *P. heldreichii, P. pinaster, P. pinea, P. canariensis* et *P. roxburghii* dans la sous section *pinaster,* également appelée le groupe des pins méditerranéens (Gernandt *et al.,* 2005 ; 2008).

Selon (Nahal, 1962 ; in Athmani et Masmoudi, 2008)**,** Le Pin d'Alep " *Pinus halepensis Mill* , nom scientifique donné par Philip Miller en 1768, est l'essence caractéristique de l'étage bioclimatique méditerranéen semi- aride, il appartient à :

* **Embranchement** : Phanérogames.
* **Sous embranchement :** Gymnospermes.
* **Classe :** Conifères.
* **Ordre :** Coniféroles pinoidines**.**
* **Sous ordre :** Abiétales**.**
* **Famille :** Pinacées.
* **Genre :** Pinus.
* **Sous genre :** Eupinus**.**
* **Espèce :** *Pinus halepensis***.**
* **Nom scientifique :** *Pinus halepensis***.**
* **Nom commun :** Pin d'Alep
* **Nom arabe :** Sanaoubar al-halabi **الصنوبر الحلبي.**
* **Nom berbère : Thaidha** Azoumbei, Tayada (Berbère).

Noms usuels : Pin d'Alep, pin blanc (France). (Guit, 2015)

- Aleppo pine, (Angleterre).
- Pino carrasso (Espagne).
- Pino di Gerusalemme (Italie).
- Aleppo Kiefer (Allemagne).

2. Description botanique :

Le Pin d'Alep est un arbre forestier toujours vert, vivace, de 5 à 20 mètres de haut. Il est souvent penché et peu droit avec une cime écrasée, irrégulière et claire mais ses branches sont assezétalées.

Les arbres jeunes sont de forme assez régulière, les plus âgés sont dégarnis à la base, ont unhouppier plus dispersé, une cime irrégulière peu dense (SEIGUE, 1985 in Taibi et Ziani, 2017).

L'écorce : Le pin d'Alep possède une écorce lisse, grise argentée au début puis épaisse et crevassée tournant au rouge-brun avec l'âge. Comme montre lafigure(01).



Figure N° 01 : L'écorce du pin d'Alep. (Photo : Marie PORTAS. 2017)

Les Rameaux : Sont verts clair, puis gris clair, assez fins. Le pin d'Alep est polycyclique car cet arbre fait souvent une seconde pousse la même année , Les bourgeons sont non résineux, ovoïdes, aigus, bruns avec des écailles libres frangées deblanc (Kadik, 1987 ; In Boutchiche Et Boutrigue, 2016).



Figure N° 02 : Les rameaux du pin d'Alep. (Photo : Liliane ROUBAUDI. 2017)



Figure N° 03 : Les feuilles du pin d'Alep. (Photo : Mathieu MENAND. 2017)

Les feuilles : Les feuilles ou les aiguilles sont aciculaires, (Figure 03), pointues, fines et souples de 6 à 10 cm de long avec une largeur de 1 mm, aéré de couleur vert clair vif et groupées par deux en pinceaux à l'extrémité des rameaux (Saichi, 2009 ; Laleg ; Taibi et Ziani, 2017).



Figure N° 04 : La fleur du pin d'Alep. (Photo : Liliane ROUBAUDI. 2017)

Les fleurs : Le pin d'Alep est une plante à fleurs mâles et femelles séparées (monoïque) situées sur le même individu;elles sont groupées en épis. Les fleurs en groupes séparés sont roussâtres et à la base des rameaux pour les mâles, violacées et au sommet pour les femelles. Figure (04) (Saichi, 2009)



Figure N° 05 : Cône du pin d'Alep. (Photo : Genevieve BOTTI. 2017)

Les cônes : (Figure 05 et 06) Les cônes mûrs sont ovoïdes et allongés, fins, brun rouge luisant, de 6 à 12 cm de long et portés par un pédoncule courbé vers le sol, souvent isolés et réfléchi Les cônes sont pourprespuis brun lustré avec des écussons aplatis, persistant pendant trois ans sur l'arbre mais peuvent libérer les graines dès la deuxième année, après passage d'un incendie qui favorise leur dispersion et leur germination (Saichi, 2009).



Figure N° 06 : Cône ouverte du pin d'Alep.(Photo : Mathieu MENAND. 2017)



Figure N° 07 : Les grains du pin d'Alep.(Photo : Liliane ROUBAUDI. 2017)

Les Graines : L'arbre de pin d'Alep produit,également, une graine comestible de petite taille (05 à 07 mm) appelée « Zgougou » (Figure07).

La couleur de cette graine mates, à aile 4 fois plus longue, est brune grise sur une face et grise mouchetée de noir sur l'autre. C'est cette aile persistante qui permet, à la fois, la dissémination rapide, éloignée et efficace et la colonisation de nombreux milieux (Bouguenna, 2011).



Figure N° 08 : Le bois du pin d'Alep.(Photo : Marie PORTAS. 2017)

Le bois : Le pin d'Alep est un ligneux dont l'anatomie du bois est caractérisée par des parois minces et dépourvues d'ornementation et des trachéides horizontales. Figure(08) (Kadik, 1987 ;Bouguenna, 2011).



Figure N° 09 : La résine du pin d'Alep.(Photo : Marie PORTAS. 2017)

La résine : Le pin d'Alep est un résineux qui peu produire de la résine grâce à une opération appeléeGemmage. C'est une opération qui consiste à blesser le tronc de l'arbre.

Cette Substance végétale chimiquement complexe, participe à la lutte contre les parasites et à lacicatrisation après blessure. Elle fait l'objet d'une exploitation économique pour l'industrie chimique, notamment l'extraction de l'essence de térébenthine. Figure(09). (Bouguenna, 2011).

3. Répartition géographique :

3.1 Dans le monde :

L'aire de répartition du Pin d'Alep a été précisée par de nombreux auteurs et en particulierpar Nahal en 1962.

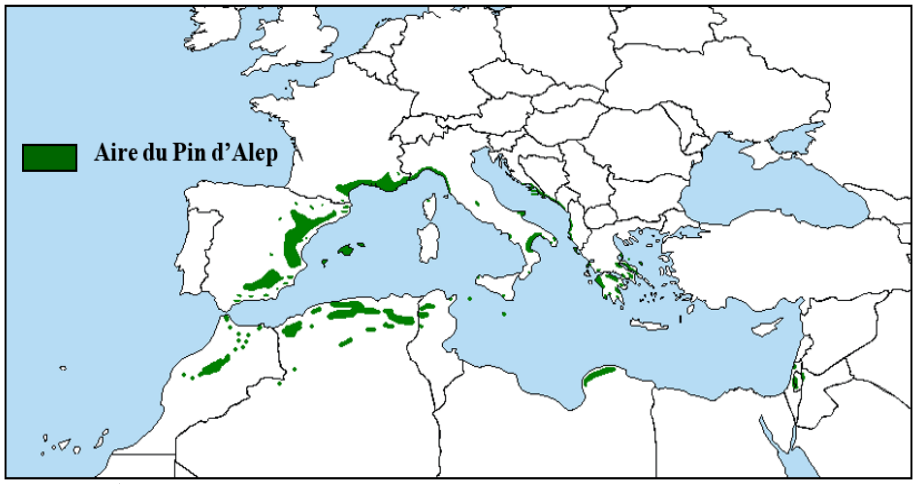


Figure N° 10 : Aire de répartition du *Pinus halepensis* Mill dans le monde (Quézel, 1980).

C'est une essence fréquente surtout en région méditerranéenne occidentale dont elle occupe plus de 3,5 millions d'hectares (Quezel, 1986). Elle est surtout cantonnée dans les pays du Maghreb et en Espagne où elle trouve son optimum de croissance et développement (Quezel et al., 1992)

Cependant, elle se rencontre également, d'une façon très restreinte, en divers points du bassin méditerranéen oriental en Turquie, en Albanie et en Yougoslavie et très peu au Proche Orient (Palestine, Jordanie, Syrie et Liban) (Quezel, 1986).

Les pays du Maghreb constituent la zone où le Pin d'Alep offre son plus grand développement puisqu'on le rencontre à peu près partout sur les massifs montagneux, à l'exceptioncependant du Maroc atlantique ainsi que des zones littorales du Tell constantinois et de Kroumirie (Quezel et Barbero, 1992)

Il domine les écosystèmes forestiers dans les zones semi-arides du bassin méditerranéen. En plus de son aire de répartition naturelle, cette espèce a été largement utilisée dans les projets et les programmes de boisements au cours du XX ème siècle (Quezel et Barbero, 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 Atlas (régions d'Azrou, Ahermoumou et versant moulouyen des hautes chaînes orientales), et du Haut Atlas où il est assez répandu dans les vallées internes du versant septentrional jusqu' au sud-ouest de Marrakech (Quezel, 1986 ; Bakhiyi, 2000).

Il existe encore en quelques colonies isolées sur le versant saharien. Il forme enfin quelques peuplements dans le Maroc Oriental et en particulier sur les monts de Debdou (Quezel et Barbero, 1992).

En Tunisie, les forêts naturelles de pin d'Alep, qui colonise essentiellement les monts de la dorsale tunisienne, 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% dela couverture forestière du pays (Bentouati, 2006 ; Guit, 2015)

En Europe, Le pin d'Alep est surtout présent en Espagne sur le littoral (15% de la surface boisée) où il est bien développé sur les chaînes littorales de Catalogne, de la région de Valence et deMurcie ; par contre, il est moins fréquent en Andalousie.

Il existe, à l'intérieur, en colonies disjointes dans la haute vallée du Tage et sur tout le

pourtour de la vallée de l'Ebre et dans toutes les îles Baléares. (Quezel et Barbero, 1992)

Il couvre une superficie de 1.046.978 hectares en peuplements purs et 497.709 hectares en peuplements mixtes ou mélangés avec d'autres espèces, soit 15% de la surface boisée de ce Pays (Montero, 2000 ; Guit, 2015).

En France où (Couhert Et Duplat, 1993) avancent le chiffre de 202.000 hectares, le pin d'Alep est beaucoup plus fréquent en Provence et assez peu répandu et épars à l'ouest du

Rhône en remontant jusqu'aux environs de Montélimar avec une existence de spontanéité douteuse dansla région de Saint-Florent de la Corse (Quezel et Barbero, 1992).

En Italie, le pin d'Alep est peu présent. Il ne représente que 20.000 hectares cantonnésessentiellement dans le sud, en de rares localités Sicile et en Sardaigne (Quezel et Barbero, 1992).

Le Pin d'Alep est, aussi, présent dans les Balkans, sur le littoral adriatique et en Grèce oùles peuplements de pin d'Alep représentent une superficie importante de 330.000 hectares.

Tableau 01 : **Superficies occupé par le pin d'Alep dans quelques pays du monde.** (Laleg**,**2017).

Pays	**Superficie (ha)**	**Sources**
Algérie	800 000	(Mezali , 2003)
Maroc	65 000	(Bakhiyi ,2000 ;In Bentouati, 2006)
Tunisie	170 000 à 370 000	(Chakroun ,1986)
France	202 000	(Couhert Et Duplat ,1993)
Espagne	1 046 978	(Montero,2000 ;In Bentouati, 2006)
Italie	20 000	(Seigue ,1985)

3.2. En Algérie :

La plasticité et la rusticité du pin d'Alep lui ont conféré un tempérament d'essence possédant un grand pouvoir d'expansion formant ainsi de vastes massifs forestiers (Bentouati *et al.*, 2005).

En Algérie, Avec 35% de couverture, le pin d'Alep occupe la première place de la surface forestière. Il existe dans toutes les variantes bioclimatiques avec une prédominance dans l'étage semi-aride (Laala Ahmed, 2009).

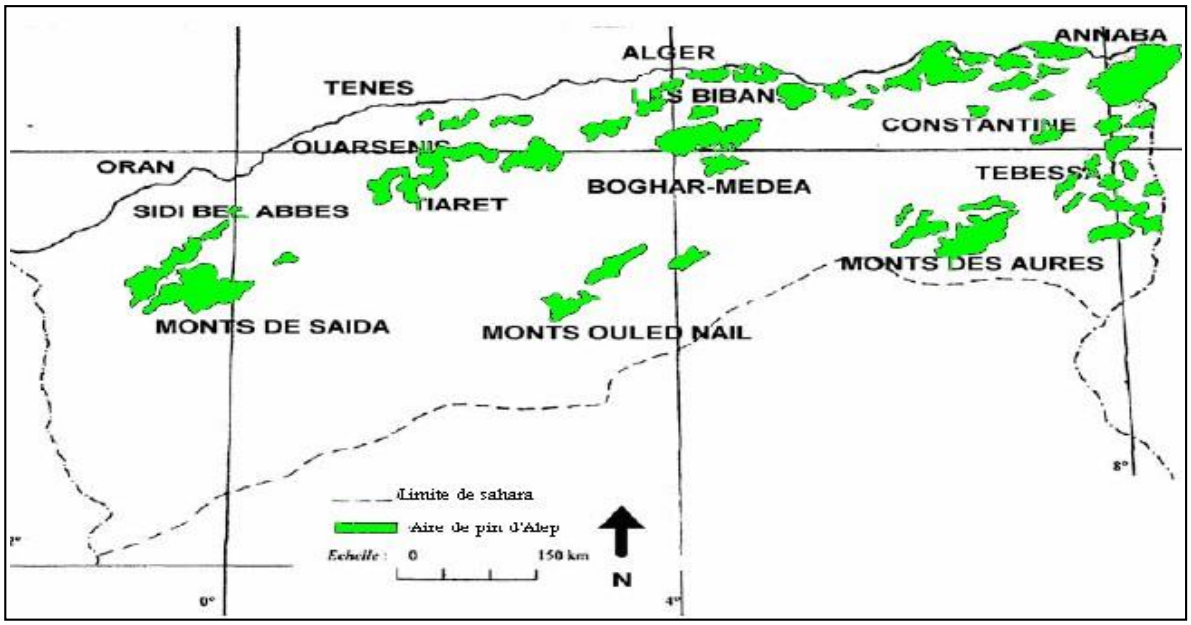


Figure N° 11 : Aire de répartition naturelle du pin d'Alep en Algérie. (Seigue 1985)

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 (Laleg**,** 2017). Les plus beaux peuplements sont situés entre 1000 et 1400 m d'altitude, selon (Kadik 1987 in Bentouati, 2006).

Les 35% de couverture se traduisent par une surface de 855.000 hectares occupée par le pin d'Alep cité par Seigue en 1985. Par contre, Mezali en 2003 avance un chiffre de 800.000 hectares dans un rapport sur le Forum des Nations Unis sur les Forêts (FNUF) (In Guit, 2015).

Cependant, l'optimum de croissance et de développement, du pin d'Alep se situe au niveau des versants Nord de l'Atlas saharien, les grands massifs de Tébessa à 90.000 hectares, celui des Aurès à plus de 100.000 hectares constitués principalement par les pinèdes des Béni-Imloul, des Ouled Yagoub et celle des Béni - Oudjana (Bentouati, 2006).

Au centre du pays, on trouve les forêts de Médéa- Boghar (52.000 hectares), celles de Theniet El Had (47.000 hectares) et les vieilles futaies des Monts des Ouled Nail dans la région de Djelfa (Bentouati, 2006) (Médéa Boghar, Monts de Bibans, Monts des Ouled Nail), (Quezel etBarbero, 1992).

A l'ouest du pays, en Oranie, on peut trouver de vastes massifs concentrés dans les régions de Bel Abbés, de Saida et de l'Ouarsenis (Quezel et Barbero, 1992).

4. Exigences écologiques de l'espèce :

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*), qu'on peut trouver dans tous les étages bioclimatiques, est une espèce frugale et très plastique puisqu'elle s'adapte à des conditions écologiques difficiles (Bentouati, 2006 ; Laala Ahmed, 2009).

C'est est une essence méditerranéenne à caractère continental de tempérament robuste, elle est xérophile, thermophile et hélophile qui peut se rencontrer de la basse altitude jusqu'à 2200 m (Laleg**,** 2017).

Dans la partie méridionale du bassin méditerranéen, le pin d'Alep contribue largement à la reforestation des zones dégradées (Bentouati, 2006).

4.1. Exigences climatiques :

Le pin d'Alep, à la fois thermophile et héliophile, se caractérise par une plasticité exceptionnelle supportant des températures élevées et la sécheresse prononcées mais craint les humidités excessives, le gel et la neige et supporte rarement des températures inférieure à-10°C saufsi elles sont liées à des froids accidentels et exceptionnels et de durées limitées (Quezel et Barbero, 1992).

Cependant, la pluviométrie ne semble pas être un facteur déterminant de la répartition du pin d'Alep, elle pousse dans des zones où les précipitations annuelles sont variables et comprises entre 200 et 1500 mm.

Ceci dit, son développement optimal est atteint, selon Quézel, entre 350 et 700 mm de précipitation annuelle, les grandes forêts de pin d'Alep se trouvent principalement dans la zone semi-aride où de très belles futaies de pin d'Alep se localisent entre 300-400 jusqu'à 700 mm de précipitations annuelles (Quezel et Barbero, 1992).

Par ailleurs, En Grèce, (Papadopoulos *et al.*, 2009 in Guit, 2015) ont mis en évidence quela croissance du pin d'Alep est positivement corrélée aux précipitations hivernales et printanières et négativement corrélée aux températures printanières.

Notant qu'on le pin d'Alep est rencontré dans des gammes de températures moyennes annuelles allant de 11 à 19 °C correspondantes à peu près à des moyennes des minima du mois le plus froid comprises entre -2 et +6 °C, la température est perçue comme est un des facteurs climatiques majeurs limitant l'expansion du pin d'Alep.

Toutefois, l'étude conduite par Brochiéro en 1997, en Provence calcaire, révèle que les températures fraîches (température moyenne annuelle < 11°C) et les altitudes > 700 m restent défavorables à la croissance du pin d'Alep (In Laala, 2009 ; Guit, 2015).

5. Facteurs édaphiques :

Le pin d'Alep s'installe sur des sols très variés qui vont des lithosols aux sols évolués profonds préférant des substrats meubles ou friables.

En fait, du point de vue édaphique, il indifférente à la nature de la roche mère et au pH, (Boudy, 1955 ; Laleg**,** 2017).

Il est rencontré, en abondance, sur des substrats marneux et marno-calcaires avec des sols profonds supportant un taux élevé de calcaire actif surtout dans les substrats chauds et bien drainés, en particulier les sols squelettiques (Bentouati, 2006 ; Laleg**,** 2017).

Comme, il peut évoluer, à un degré moindre, sur des sols calcaires compacts, présentant des fissures mais ne tolère ni les sols sablonneux dont la perméabilité ne permet pas de retenir de l'eau, ni les bas fonds limoneux mais il demeure absent sur les granites et les gneiss et se comporte très mal sur les schistes et les micaschistes (Seigue, 1985 ; in Bentouati, 2006 ; Guit, 2015 ; Soltani, 2016).

Toutefois, le *Pinus halepensis* craint l'hydromorphie et ne peut prospérer dans les dépressions où l'eau s'accumule l'exposant ainsi à l'asphyxie racinaire (Bentouati, 2006).

En Algérie, le pin d'Alep s'observe surtout sur les roches mères carbonatées à pH basique, ilcolonise les sols de texture sablo-limoneuse à limono-sableuse (Kadik, 1984 ; Laleg**,** 2017).

6. Importance économique du pin d'Alep :

Pinus halepensis 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'étayage des mines et pour faire des la palette 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 donné 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 médicinaux (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).

II. données sur la processionnaire du pin d'Alep :

1. Position systématique de la processionnaire du pin dans le règne animal :

La processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa*, a été décrite par Denis et chiffermüller en 1775. Cet insecte fait partie de l'ordre des Lépidoptères et appartient à la famille des Notodontidae et la sous famille des Thaumetopoeinae.

En latin, *pityocampa* signifie « chenille du pin » (*campa* = chenille, *pityo*= pin) et *Thaumetopoea* signifie « qui vénère la verdure » (*thaumeto*= vénérer, *poea*= herbe) (Rivière. 2011).

Classification (Martin, 2007).

Règne :	*Animalia.*
Embranchement :	*Arthropoda.*
Classe :	*Insecta.*
Super-ordre :	*Endopterygota.*
Ordre :	*Lepidoptera.*
Famille :	*Notodontidae.*
Sous-famille :	*Thaumetopoeinae.*
Genre :	*Thaumetopoea.*
Nom binominal :	*Thaumetopoea pityocampa.* (Denis &schiffermüller).
Synonymes :	*Traumatocampa pityocampa.*

2. Comportement biologique de l'espèce :

La processionnaire du pin est une espèce monovoltine. Son cycle biologique (Figure 12) s'étend en général sur une année complète mais peut durer 2 ou 3 ans si on monte en altitude et si les conditions climatiques sont défavorables. Il se divise en deux phases, une phase aérienne, évolution larvaire en cinq stades, et une phase souterraine, prénymphose et nymphose (Carcanague, 2017).

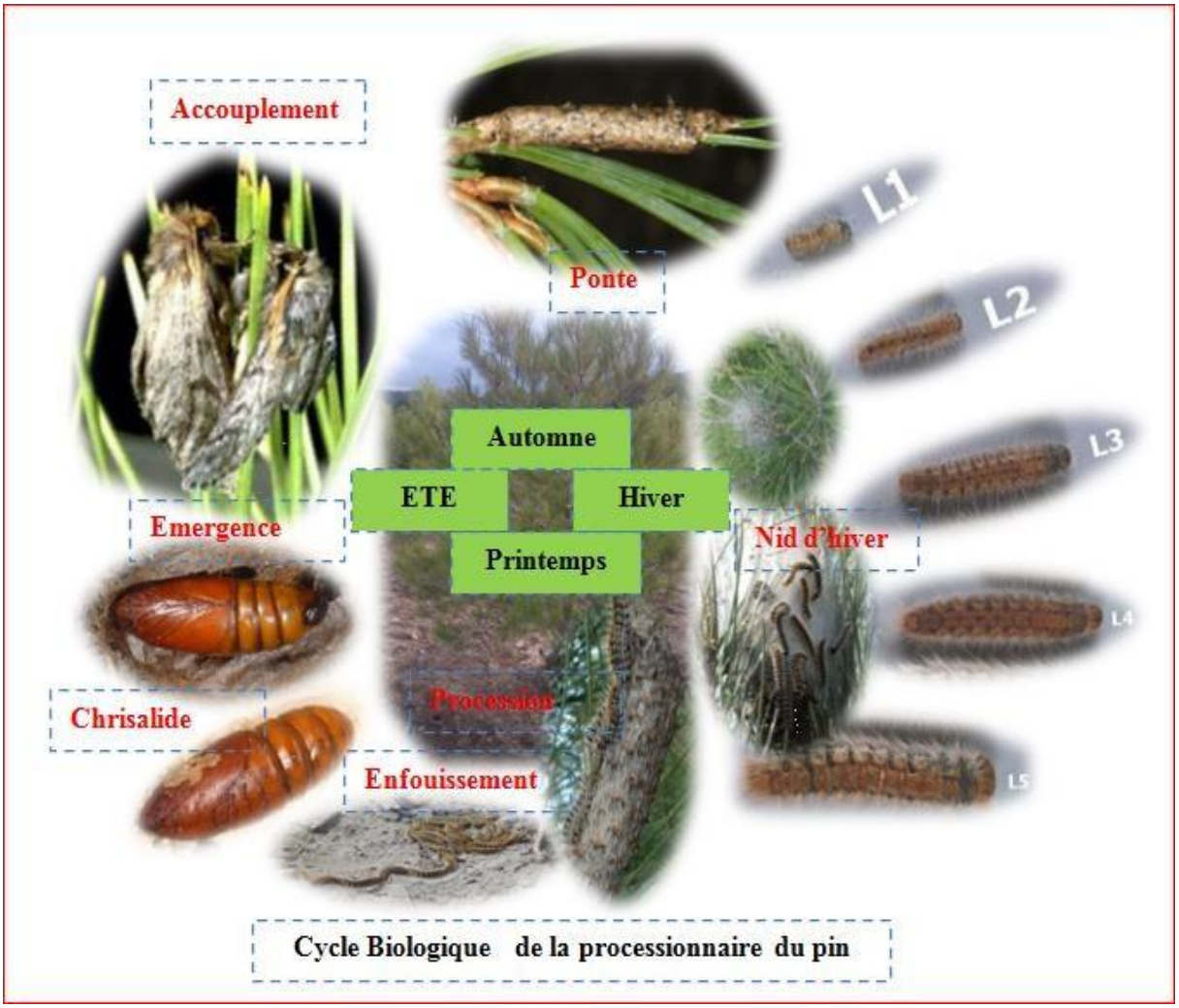


Figure N° 12 : Cycle de développement de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa.*

La phase aérienne :

La phase aérienne dure cinq à huit mois et comprend plusieurs étapes, de l'émergence des papillons jusqu'à l'enfouissement précédent la nymphose et concerne toute l'évolution de l'œuf et de la larve (Martin, 2007).

Les adultes :

A la fin de l'été, les papillons sortent des chrysalides et émergent de la terre, en général, au coucher du soleil, papillons nocturnes (Carcanague, 2017).

Les mâles s'envolent et les femelles s'installent en hauteur pour se mettre en position d'appel pour les mâles. Elles émettent une phéromone appelée pityolure pour attirer le mâle pour l'accouplement qui dure près d'une heure, durée au bout de laquelle les 2 papillons s'envolent.

Quelques heures après l'accouplement le mâle meurt tandis que la femelle se dépose sur l'arbre hôte pour pondre ses œufs sur l'extrémité d'un rameau appelé manchon de ponte. Figure (13) (Rivière. 2011).

Après la ponte, la femelle s'envole et va mourir quelques heures après.



Figure N° 13 : Accouplement des papillons de processionnaires du pin(Martin, 2005, Photo Démolin G.)

La ponte :

Après accouplement, les femelles peuvent parcourir quelques kilomètres à la recherche d'un arbre qui leur convienne pour pondre, En effectuant un choix sélectif à l'intérieur du peuplement, en comparant le diamètre et la structure des aiguilles ou des rameaux rencontrés (Rivière. 2011).

Généralement, le vol des femelles se fait vers les silhouettes d'arbres se découpant sur fond clair mais elles choisissent de préférence des lisières de massifs et des arbres isolés.

Les œufs sont pondus groupés sous forme d'un manchon de 2 à 5 cm de long, d'aspect beigeclair, recouvert d'écailles brunâtres provenant de l'extrémité abdominale de la femelle, et entourant une ou plusieurs aiguilles. Les 70 à 300 œufs vont éclore de 30 à 45 jours après la ponte. Figure N° (14) (Rivière. 2011).



Figure N° 14 : Ponte de la processionnaire sur pin.

Développement larvaire :

Le développement larvaire se déroule en cinq phases, chacune caractérisée par des chenilles de couleurs et de tailles différentes. Les chenilles peuvent atteindre 5 cm.

La nuit, les larves se nourrissent du limbe des aiguilles de pin, et le jour, s'abritent en colonies dans un nid fonctionnant comme un radiateur solaire en captant les rayons proches de l'infrarouge. Les deux premiers stades larvaires se contentent de nids rudimentaires et temporaires mais les premiers froids accompagnants l'apparition du stade L3 obligent à la construction d'un édifice définitif plus élaboré. C'est également à partir du troisième stade larvaire à partir du mois denovembre que les chenilles possèdent des poils urticants libérables en cas d'agression (Martin, 2007).

A partir du mois de février (à la mi-janvier certaines années) les chenilles profitent des journées ensoleillées pour quitter leurs nids en procession et visiter les alentours, causant des allergies aux usagers et leurs animaux de compagnie (Rivière. 2011).

Enfin, les larves du cinquième stade quittent l'arbre en procession, généralement vers le mois de mars, pour aller s'enfouir dans le sol.

Structure du nid d'hiver :

Les chenilles qui s'alimentent de préférence la nuit lorsqu'il ne gèle pas, vivent regroupées en colonie d'importance variable (en moyenne 200 individus), à l'intérieur de nids « provisoires » légers (pré-nids) qu'elles ont tissés (Martin, 2005).



(Original, 2023)

Figure N° 15 : (a) Début de construction du nid d'hiver sur pin d'Alep par les chenilles du troisièmestade larvaire. (b) Exemples de nids d'hiver sur le Pin d'Alep à Sour El Ghozlane.

Au fur et à mesure de l'épuisement de la nourriture, elles s'éloignent progressivement deleur lieu d'éclosion en abandonnant les nids temporaires.

Dès les premiers froids, généralement à la fin du 3ème stade, elles confectionnent leur nid définitif (nid d'hiver). La phase de construction du nid d'hiver est très hiérarchisée. La structure comprend deux enveloppes superposées, une interne d'épaisseur importante et une externe, plus lâche, qui a un rôle de superstructure (Martin, 2005).

La structure de ces nids d'hiver dont le nombre peut atteindre une quinzaine sur un arbre e d'autant solide et bien entretenue que la région d'implantation est froide.

Les chenilles, en construisant ces nids d'hiver sur l'extrémité des rameaux de l'hôte, cherchent la position la mieux exposée au soleil, généralement le côté exposé au sud.

La température étant un facteur indispensable à leur survie, ce nid plus épais et mieux structuré, va leur permettre de passer l'hiver en jouant un rôle de radiateur solaire, en captant les rayons du proche infra-rouge, les chercheurs y ont mesuré une température de 40°C contre 10°C à l'extérieur. Cette température favorable est conservée, ainsi, par le regroupement des chenilles en conglomérat (Rivière. 2011).

Phase souterraine :

Une quinzaine de jours après l'enfouissement, les chenilles tissent un cocon individuel, soyeux blanc-ocre et ovale, à quelques centimètres sous terre et ceci d'autant plus profondément que la température est élevé au moment de l'enfouissement (Rivière. 2011).

Parvenues ainsi à une profondeur de cinq à vingt centimètres, les chenilles se transforment en chrysalides : c'est la nymphose. On assiste alors à un arrêt complet du développement (la diapause) (Martin, 2007).

La nymphose :

La nymphose est la période de la vie d'un insecte où il est en forme de nymphe (La chrysalide), elle s'effectue, chez la processionnaire du pin, une quinzaine de jours après l'enfouissement deschenilles dans le sol (Martin, 2005).

La chrysalide sera complètement formée quelques jours plus tard et subit une diapause obligatoire



Figure N° 16 : Chrysalide de la chenille processionnaire du pin.

La diapause :

La période de diapause Où tout développement s'interrompt peut se prolonger une à plusieurs années (parfois jusqu'à cinq ans) : on parle alors de diapause prolongée.

Le taux de diapause prolongée, proche de zéro en région méditerranéenne où le climat est favorable au développement larvaire des chenilles, peut atteindre 100% dans les montagnes corses, en raison des conditions climatiques particulières dans cette zone (Martin, 2005).

La période de diapause cessera un mois avant la date localement favorable pour la sortie des adultes. Ce délai d'un mois correspond au temps nécessaire à la métamorphose de la nymphe en papillon.

3. Impact des facteurs écologiques sur la répartition de la processionnaire de pin :

De nombreux facteurs peuvent influencer le cycle de développement de *Thaumetopoea pityocampa,* en particulier l'ensoleillement et la température.

3.1 La température :

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 (Rivière. 2011).

Il existe cependant des seuils critiques de température à ne pas dépasser. En effet, une température excédant les °C peut causer la mort de nombreux individus ou faciliter l'installation de maladies épidémiques sur les œufs ou les larves. L'optimum de développement se situe entre 20 et 25°C, ce qui explique le développement hivernal de *Thaumetopoea pityocampa*. Lorsque la température moyenne mensuelle dépasse 25°C, les individus se regroupent en masse afin de ralentirla montée thermique de chaque individu : les adultes émergeront alors plus tardivement, pour assurer à leur descendance un optimum thermique vital. A l'inverse, plus l'été sera doux (altitude élevée ou latitude nordique par exemple) et plus les adultes pourront émerger précocement (Demolin, 1969).

Le seuil critique inférieur, température basse à laquelle les chenilles meurent, est de -7°C pour un individu isolé, mais il est diminué à -16 °C lorsque les chenilles sont regroupées, grâce à l'effet bénéfique du rassemblement des individus (effet de masse) (Martin, 2007).

L'alimentation des chenilles dépend également de la température. Deux conditions sont en effet nécessaires : association 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 (Battisti et al.,2005). Si l'une de ces conditions n'est pas respectée, le taux de survie des chenilles diminue, car celles-ci ne sortent pas s'alimenter (Buffo et al., 2007 In Bouchou, 2015).

3.2 Pluviométrie Altitude et latitude :

Le cycle de développement de la chenille processionnaire du pin est lié aux facteurs écologiques notamment la température. Cependant plus l'altitude augmente, ou plus la latitude est nordique, plus la température moyenne diminue

Démolin en 1969 a étudié la date de déclenchement et la durée des différentes phases du cycle en fonction de la latitude ou de l'altitude et il a élaboré une synthèse qui montre que plus l'altitude augmente, ou plus la latitude est nordique, plus la température moyenne diminue.

La durée du développement larvaire augmente alors, au détriment de la diapause nymphale.

Selon Rivière. 2011, de récentes études ont révélées que la fécondité de la chenille processionnaire du pin augmentait avec la latitude en réponse aux conditions climatiques peu favorables. La colonie de la processionnaire du pin dans ces conditions défavorable, doit être très importante pour que cela lui confère un avantage pour la thermorégulation par effet de masse et la construction du nid.

3.3 Photopériode :

La lumière a une influence sur les déférents stades de développement de la chenille processionnaire du pin, les mâles et les femelles sont inhibés par la lumière, après éclosion, le papillon femelle peut « déterminer par contraste les supports verticaux se découpant sur fond clair effet silhouette G. Démolin, cette influence est, d'ailleurs, utilisée dans la lutte par piégeage pour capturer les papillons lors de la période du vol.

En somme, photopériode joue également un rôle prépondérant dans le cycle de *Thaumetopoea pityocampa*, les chenilles processionnaires s'alimentent la nuit, lorsque les températures sont basses, et se regroupent dans la journée pour digérer (Demolin, 1969).

Elle n'est présente que dans les régions où la durée moyenne d'insolation annuelle est supérieure à 1800 heures. C'est pourquoi elle est généralement absente sur les versants nord des montagnes (Rivière. 2011).

4. Principales essences hôtes de l'insecte :

La chenille processionnaire du pin se nourrit des aiguilles de diverses espèces de pins et decèdre. Martin (2005) classent Les plantes hôtes, selon les préférences comme suit:

- Pin noir d'Autriche (*Pinus nigra* subsp. *Nigricans* Host)
- Pin Laricio de Corse (*Pinus nigra* subsp. laricio Poiret)
- Pin Laricio Sulzmann (*Pinus nigra* subsp. Clusiana Clem.)
- Pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.)
- Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.)
- Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.)
- Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti),
- Cèdre du Liban (*Cedrus libani* Richard.)
- Douglas (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.)
- Sapin (*Abies concolor* Lindl).

5. Importance des dégâts :

La processionnaire du pin provoque des dégâts sur les boisements de pins en forêt, en particulier sur les lisières ou dans les boisements ouverts. La consommation du feuillage, qui peut être intense si les colonies sont importantes, occasionne une défoliation massive (Figure17) et un préjudice important, surtout aux arbres jeunes ou affaiblis (Rivière. 2011).

L'abondance de chenilles dans les secteurs fréquentés (bûcheronnage, urbanisation, loisirs) pose, outre l'aspect inesthétique des arbres atteints, un important problème de santé publique du principalement, puisque elle conduit à des urtications ou des allergies parfois sérieuses chez les personnes sensibles. Les soies urticantes, qui apparaissent dès le troisième stade larvaire, peuvent, également, affecter sérieusement les animaux domestiques et le bétail (Rivière. 2011).



(Original, 2023)

Figure N° 17 : Défoliation d'un Pin d'Alep à Ain Boucif



Figure N°18. Urtications chez les personnes sensibles

6. Conséquences écologiques :

L'impact écologique de la processionnaire du pin est lié au fait que les fortes défoliations provoquées par les chenilles vont affecter la régénération naturelle des forêts de pins qui, produisent, ainsi, moins de cônes et moins de graines. Modifiant ainsi les caractéristiques physico-chimiques des pins influençant, par conséquence, négativement les autres espèces qui lui sont inféodées (Rivière. 2011).

7. Conséquences économiques :

Les conséquences économiques sont principalement liées aux pertes de croissance, tant en circonférence qu'en hauteur, en forêt de production, dues aux défoliations massives par les chenillesprocessionnaires du pin qui peuvent se répercuter sur plusieurs années.

En outre, Cette perte de croissance est particulièrement dérangeante pour les exploitants forestiers qui cherchent à avoir des arbres matures, le plus rapidement possible, ce qui implique la mobilisation importante de moyen humain et financier nécessaires à la prévention et aux traitements qui doivent être mis en œuvre contre elle (Rivière. 2011).

Par ailleurs, La chenille processionnaire peut constituer un vrai problème de santé publique dont, aussi, la prévention, la sensibilisation et le traitement implique des couts importants.

Les risques sanitaires de la chenille processionnaire du pin touchent aussi les animaux, notamment les animaux d'élevage dont la ressemblance des symptômes avec

des maladies contagieuses du type fièvre aphteuse peut être extrêmement grave pour les éleveurs (Rivière. 2011).

8. Propriétés urticantes de l'insecte :

La chenille processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* fait partie des cinq espèces dechenilles urticantes présentes dans le bassin méditerranéen, les quatre autres étant la chenille *Thaumetopoea pinivora*, la chenille processionnaire du chêne *Thaumetopoea processionae*, le Bombyxcul-brun Euproctischrys orrhoeaet la Lithosie quadrillée Lithosia quadra) (Rivière. 2011).

Les chenilles processionnaires du pin disposent d'environ un million de poils urticants par chenille pouvant provoquer des lésions non seulement par contact direct, mais aussi indirectement,par dissémination aérienne (Huchon et Demolin, 1970).

Les poils urticants dont la densité des poils urticants est estimée aux environs de 60 000 par mm^2 apparaissent au troisième stade larvaire, stade L3 (Rivière. 2011).

Leur disposition n'est ni uniforme ni aléatoire : ils sont regroupés en plage formant des « miroirs », figure 18, constitué de 120 000 poils, localisés à la face dorsale des segments abdominaux, en position moyenne (Rivière. 2011).

Les poils peuvent être assimilés à des flèches ou des harpons, munis de barbillons, dirigés vers l'extrémité distale du poil, qui Empêchent la sortie du poil après sa pénétration dans la peau par son extrémité proximale (Rivière. 2011).

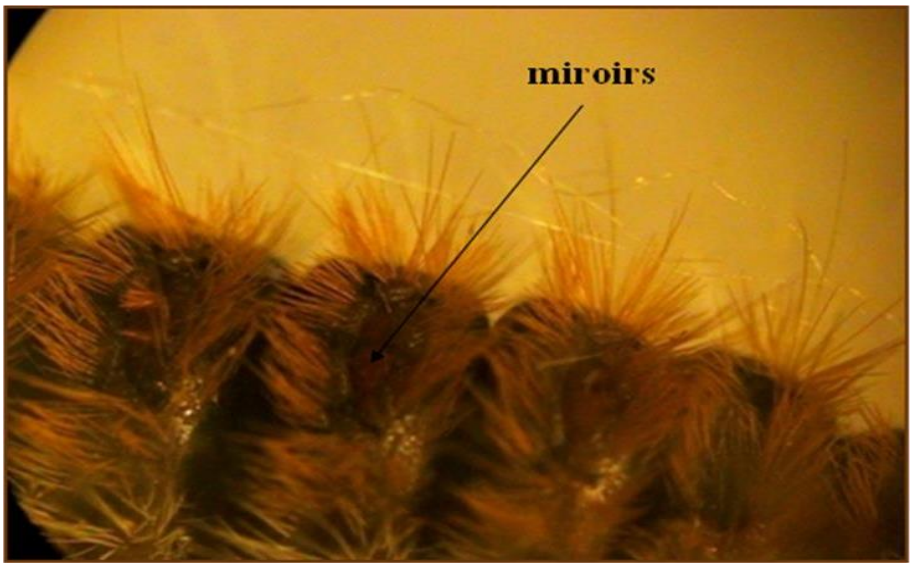


Figure N° 19 : poils urticants Localisation des « miroirs » des chenilles processionnaires du pin (Martin, 2005, Photo Démolin).

9. Principaux ennemis naturels :

Les ennemis naturels de la chenille processionnaire du pin sont nombreux et présents à tous les stades du cycle de développement (Figure 19). Il peut s'agir de prédateurs, de parasites, ou encore de virus ou bactéries (Rivière. 2011).

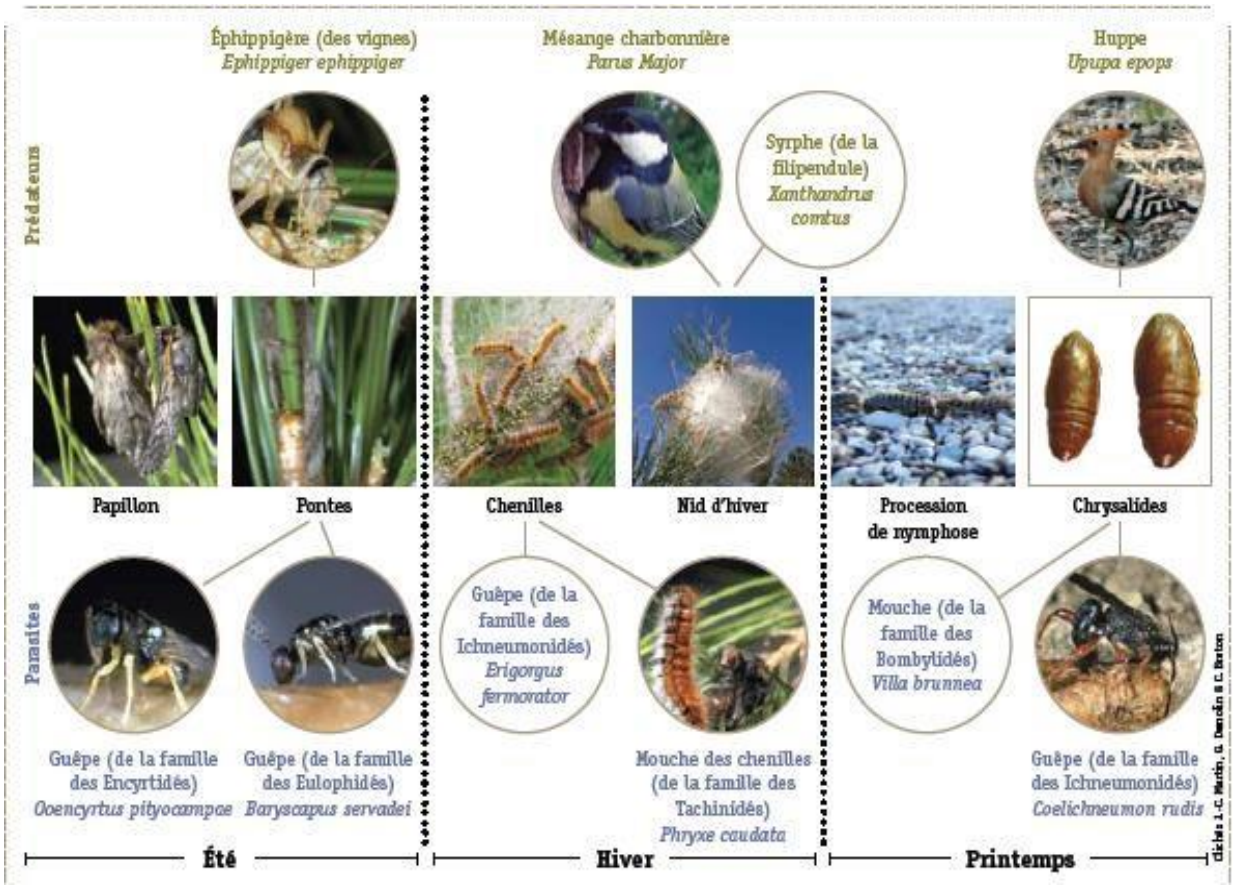


Figure N° 20 : Complexe prédateurs - parasites de la chenille processionnaire du pin (Bonnet *et al.,* 2008)

10. Moyens de lutte

Il n'existe aucun moyen de se débarrasser définitivement des chenilles. Le traitement est à refaire chaque année.

En effet, même si on détruit toutes les chenilles existant sur un terrain donné, les arbres seront réinfectés l'année suivante par des papillons pouvant provenir de plusieurs kilomètres ou par des papillons ayant reporté d'une ou plusieurs années leur éclosion.

Le traitement annuel doit donc être maintenu tant que des nids, et donc des papillons, existent dans la région.

a. Lutte mécanique

La lutte mécanique consiste à prélever et détruire manuellement les nids de processionnairesdu pin dès leur apparition, cocons blancs et avant la période de procession des chenilles.(Figure 20)

Les nids coupés doivent être détruits par incinération ou par trempage pendant 24 heures dans un bac contenant de l'eau et un mouillant (Martin & Brinquin, 2016, 2017).

Durant cette opération, il faut s'assurer que les chenilles soient réellement détruites car le tissage avec de la soie des nids est un moyen très efficace de le protéger de l'eau et du feu.



Figure N° 21 : Echenilloir à gauche (K3D Lyon Chenilles)

Aussi, on peut considérer comme lutte mécanique le la technique de piégeage des chenilles (Figure 21) qui consiste à disposer autour du tronc de l'arbre infesté une « gouttière » qui intercepte les chenilles partant en procession de nymphose, et qui les dirige vers un sachet rempli de terre où elles se nymphoseront (Martin & Brinquin, 2016, 2017).

Une fois que toutes les chenilles ont été piégées dans le sachet, celui-ci peut être retiré. Afinde tuer les chenilles capturées.



Figure N° 22 : Piégeage des chenilles lors de la nymphose (Martin & Brinquin, 2016).

Il existe aussi une autre technique qui se base sur la pose de pièges. Il s'agit de pièges à phéromone de synthèse qui consiste à attirer les papillons mâles présents sur le secteur pendant l'ensemble de la période de vol, réduisant ainsi les accouplements et le nombre de pontes potentielles (Martin & Brinquin, 2016, 2017).

b. Lutte biologique :

La lutte biologique consiste à utiliser des organismes naturels pour lutter contre l'espèce indésirable, il peut s'agir de prédateurs naturels de traitements à base de bactéries, de champignons, de virus (Martin & Brinquin,2016, 2017) .

C'est un moyen de lutte intégrée, très respectueux de l'environnement et de la biodiversité. Les ennemies de la chenille (insectes, champignons, virus, bactéries, oiseaux, chauvesouris…) sont nombreuses et peuvent agir à tous les stades de son cycle de développement (œufs, chenilles, chrysalides ou papillons).

En effet, les mésanges sont des prédateurs naturels très répandus des chenilles processionnaires du pin.

L'installation, avant la période de nidification en automne, de nichoirs artificiels spécifiques,avec un orifice de 32 mm est bien adaptée à toutes les espèces de mésanges, dans des zones infestées par les chenilles favorise leur nidification et permet de réduire, via leur prédation, les populations de chenilles de processionnaires du pin (Martin & Brinquin, 2016, 2017).



Figure N° 23 : Prédation par les mésanges (Martin et Pesme-Glemin, 2010)

c. Lutte microbiologique

Les traitements insecticides microbiologiques à base de *Bacillus thuringiensis kurstaki* (BTK) sont les plus employés contre la chenille qui ingère le produit présent à la surface des feuilles, ce qui provoque sa mort (Martin & Brinquin, 2016, 2017).

L'application ce bio pesticide se fait généralement par traitement aérien au cours des premiers stades larvaires. Ce traitement est respectueux de l'environnement puisqu'il ne persiste que très peu après application et il a une spécificité d'action étroite (Lépidoptères). Il a l'avantage de l'innocuité vis-à-vis de la majorité des espèces non ciblées et une efficacité comparable à la luttechimique (Martin & Brinquin, 2016, 2017).

d. Lutte avec des pièges à phéromone sexuels

Au cours de la période de reproduction, les femelles attirent les mâles en émettant une phéromone sexuelle appelée la pityolure.

Cependant, la pityolure qui est recrée artificiellement est utilisée par diffusion à l'intérieur depièges pour un piégeage massif des mâles dans le but de capturer un maximum d'adultes mâles et ainsi d'éviter la rencontre avec les femelles (Martin & Brinquin,2016, 2017).

Les pièges (Figure 23) peuvent être suspendus sur n'importe quel support (feuillus, résineux, clôture…). Cette méthode doit conduire progressivement, d'années en années, à la réduction du niveau de population de la processionnaire du pin (Martin & Brinquin,2016, 2017).



Figure N° 24 : Résultats expérimentaux des tests comparatifs des pièges à phéromones (Martin etBonnet, 2008.

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

Partie 01 : Présentation de la zone d'étude :

La zone d'étude est située dans la wilaya de Médéa, elle est représentée par quatre sites, «**El gharbia** », « **El barda** » ,« **kaf maaskar** » , « **kaf lakdar** » dans la commune de "Ain boucif "

1. Situation géographique de l wilaya de "Médéa" :

la wilaya de Médéa est située dans la région nord-centre du pays, ce qui lui confere une position stratégique, faisant d'elle l'un des point d'avantage et darticulation entre alger et son aire metropolitaire d'une part, et les regions des hauts plateaux centre et ou

Administrativement, la wilaya est entourée, dans sa region, des wilayade blida au Nord, bouira a l'est et Ain Défla a l'oueste, Dansles regionvoisine, il ya M'sila au Sud-est, Djelfa au Sud et Tissemsilte au Sud-oueste.

la wilaya de Medea est située a une altitude de 981m, sa latitude est de 360.15N et sa longitude 2.45E. elle est ainsi divisée en deux parties, la prrmiere plus ou moins humide, est située au Nord et, la secondequi est seche, elle se trouve dans le sud comme Ain boucif.

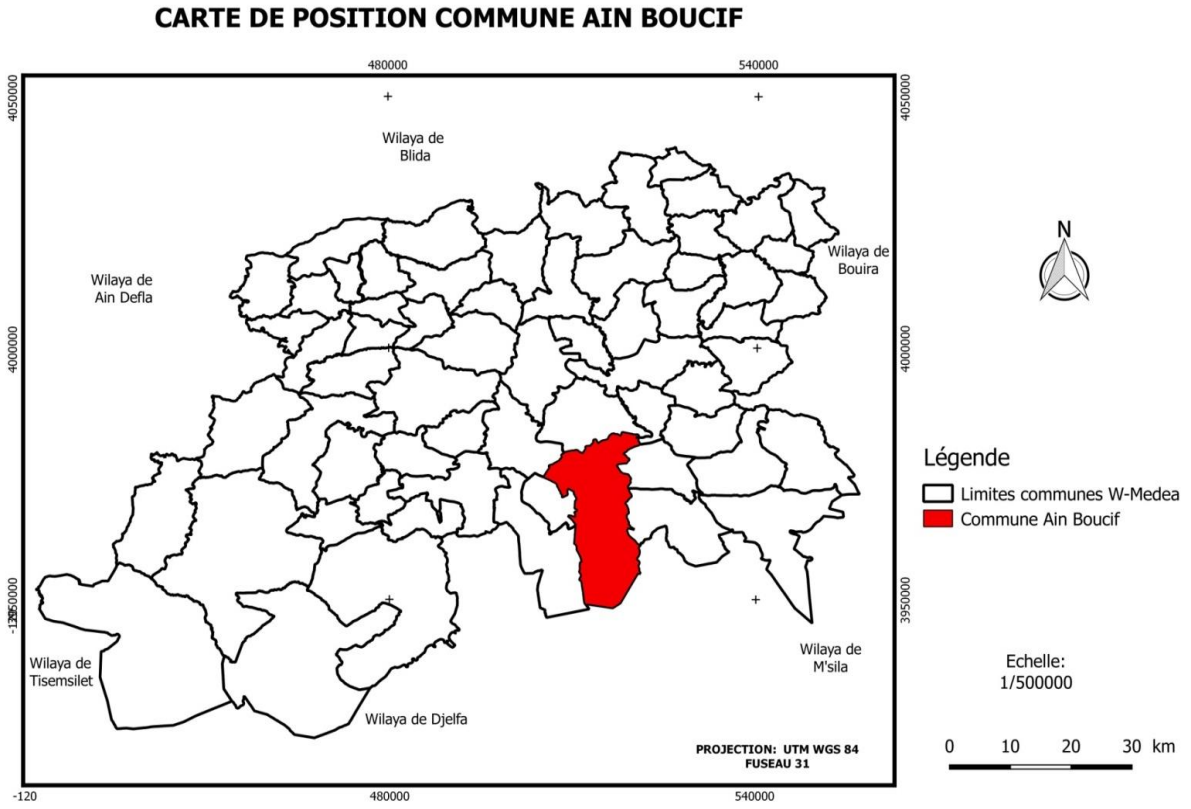


Figure N° 25 : Carte des communes de la wilaya de Médéa .

2. Localisation géographique de la commune de Ain boucif :

Ain Boucif est située dans l'extrême nord des hautes plaines centrales algérinne au piemont sud de l'Atlas tellien (mont de titrerai) a environ 154km au sud d'Alger et a 80km au paiement Sud-est de Médéa **Figure 01**,

Elle est limitée

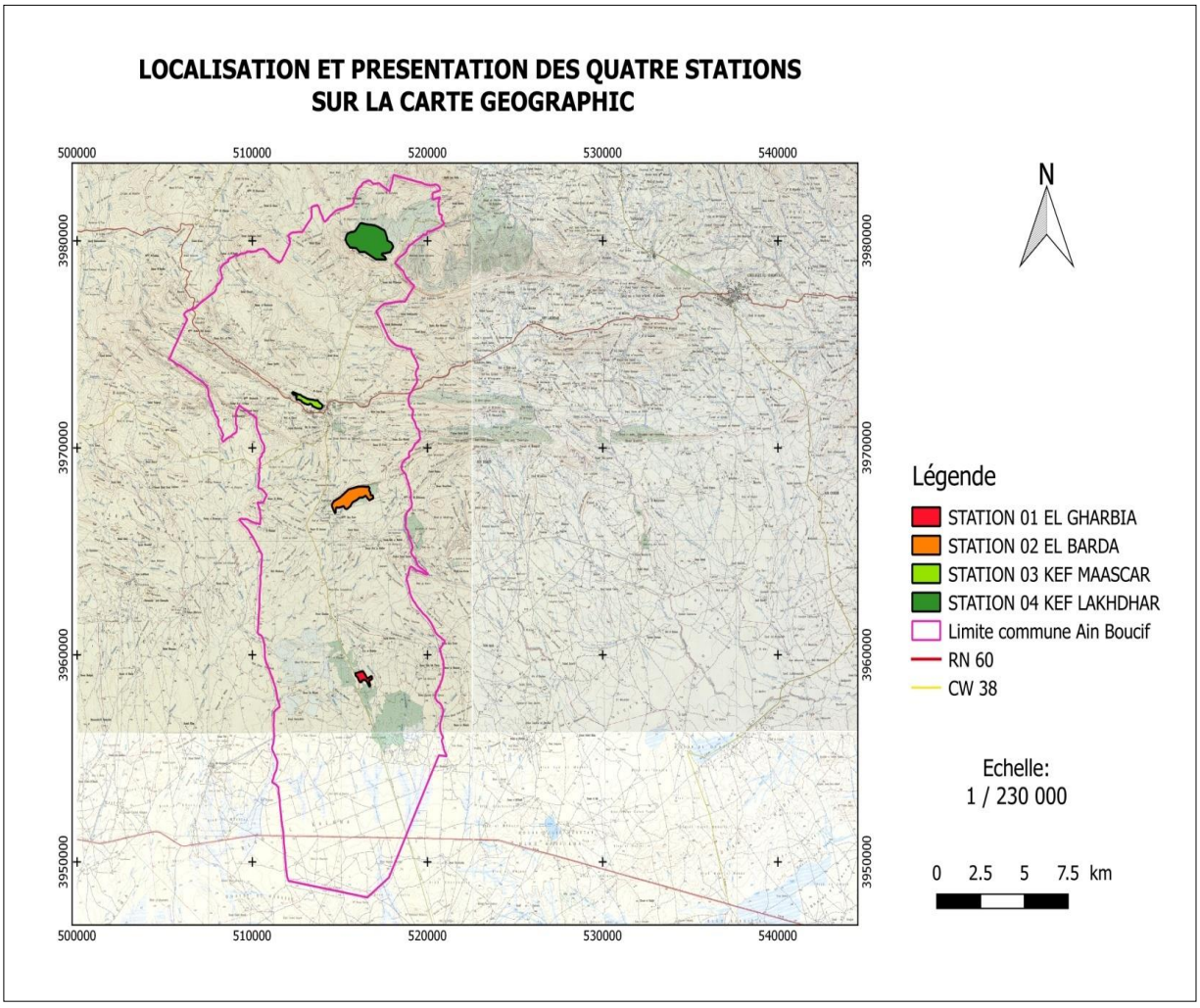
-Au Nord par la commune de" Souagui et Roubia".

-Au Sud par les communes de" birine".

-A l 'ouest par la commune de "kasr bokhari".

-A l 'est par les communes "chalelet El adhaoura".

La commune de Ain Boucif s'étend sur une superficie de 83541**ha**, elle englobe une population de 48927 habitants figure (Anonyme 2014).



(Google Erht)

Figure N° 26 : Délimitation de la zone de Ain boucif.

3. Le relief :

La région de Ain Boucif est caractérisée par deux ensembles topographique :

- Le premier au Nord: très accidenté, forme de plusieurs horizons rocheux a fortes inclinaisons, les altitudes varient du Sud au Nord, de1000m a plus de 1381m (kaf lakhdar:point cumilant1467m).le centre de cet ensembles physique est occupé par deux vallées d'altitude inferieurs a 1000m.

- Le second au Sud, vaste et homogène, les altitudes son comprises entre 750m et 900m les pentes sont faibles et diminuent progressivement en direction du Sud **(Figure 22)**.

Le terrain est constitué dans sa partie Nord par une assise géologique gréseuses et marneuse, quant, quant à la partie Sud, elle est formé de marnes, grès est alluvions marno-calcaires (**Anonyme, 2014**).

4. Le Sol :

Le sol est un mélange d'humus et matière minérales constituant un milieu de culture a de nombreux micro-organisme, dont la présence est indispensable à la vie de la foret **(Cazalas et dellattre, 1994)**

La majeure partie du sol dans le Nord de la zone d'étude est conglomérat et marne, entrecoupée de quelque argiles et schiste, quant a la partie sud , nous trouvons alluvions et sable, croute calcaire**.(Anonyme 2014)** .

5. Faune :

Le patrimoine faunistique de la région de Ain boucif contient plusieurs espèces**:**

- ✓ **Mammifères**: loup d'ore, l'hérisson , lièvre, lapin de garenne,….
- ✓ **Oiseaux:** meseange, meseange bleue, cigogne blanche…….
- ✓ **On trouve aussi:** des reptiles, des batraciens, des moulisque…..**.(Anonyme 2014)** .

6. couvert végétale :

Les risques de désertification sont très garant dans la partie Sud de la wilaya de Médéa, d'autant plus que cette partie du territoire se situe dans une zone steppique dégrader comme la commune de Ain Boucif, les formation végétal que l'on rencontre dans ces massifs sont le pin d'Alep, et a une degré moindre le chêne vert cyprès, genévrier, le lentisque, et d'autre formation végétal basse forment, les sous-bois, les espèces fourragères tel que *Stipa tenacissima*, Asphodèle, Atriplex, Medicago **(Anonyme 2014)** .

7. Facteurs climatiques de la zone d'étude :

Les paramètres climatiques sont les facteurs écologiques qui influencent le plus les populations d'insectes ravageurs. Il s'agit d'un effet indirect du fait que le climat affecte le développement des arbres qui servent de biotopes aux insectes (Chararas, 1979) et un effet direct vu que les facteurs climatiques déterminent la répartition, le développement, l'activité et les pullulations des insectes (Hmimina, 1986).

Pour étudier les variations climatiques de la zone d'étude, nous avons exploité les données climatiques fournies par l'Office National de Météorologique (ONM) (Médéa). Ces données sont recueillies sur une période de 10 ans, allant de 2009 à 2019, pour la région de Ain Boucif

7.1. La température :

La température présente un facteur limitant de première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques, et conditionne la répartition de la totalité des espèces, et des communautés d'êtres vivants de la biosphère (Ramade, 2003). Le facteur thermique est fondamental dans la régulation du développement des insectes ravageurs et de leurs ennemis naturels, il agit sur le comportement et peut intervenir comme facteur de mortalité (Demolin, 1970).

C'est l'un des éléments les plus important de la radiation solaire, un certain nombre de phénomènes physique tels-que l'évaporation , le dégel de l'eau , la gelée blanche .

Le tableau ci-dessous donne les moyenne des températures interannuelles maximales, minimal de station "Ain Boucif ".

Tableau 02: Moyennes des températures annuelles maximales, minimales.

Mois	Jan	Fév	Mar	Av	Mai	Jn	Jl	At	Sep	Oct	Nov	Déc	MOY
Moy	10.25	11.14	13.33	15.3	18.03	22.92	26.9	27.35	24.68	20.74	14.29	14.1	**17.86**
min	4.35	3.96	6.54	9.36	11.06	16.4	20.9	21.07	18.66	14.29	10.26	7.8	**11.19**
Max	16.16	18.33	20.12	21.4	25	29.45	34.9	33.7	30.7	26.5	18.33	20.4	**24.54**

Source : O.N.M de Médéa(2019)

On constate, que les températures moyenne mensuelles sont de janvier a avril et de novembre et décembre inferieur a la température moyenne annuelles. Et que le reste de l'année elles sont supérieures a cette même moyenne on remarque que les températures moyenne annuelles dans Ain Boucif a 16.16 c la moyenne mensuelle la plus basse est enregistrée au mois de juillet 34.9C.

7.2. Les précipitations :

La pluviométrie est un paramètre fondamental permettant la disponibilité et la qualité du facteur trophique vu que l'eau représente 70 à 90% des tissus de la majorité des espèces en état de vie active. La pluviométrie à une influence importante sur la biologie des espèces animales, par conséquent elle agit sur la vitesse de développement des animaux, sur leur longévité et leur fécondité (Dajoz, 1975).

D'une manière générale, la répartition des pluies en Algérie obéit certaines lois (P. SELZER1946), à savoir:

- la hauteur des pluies augmente avec 'altitude.

- Elle croit d'ouest en Este.

- Elle diminue au fur et a mesure que l'on s'éloigne du littoral.

Le tableau ci-dessous donne les Moyenne annuelles des précipitations de la station de Ain Boucif .

Tableau 03 : Moyennes mensuelles des précipitations dans la région de Ain Boucif durant la période (2009-2019).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	M	Jn	Jl	At	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
P (mm)	71.2	96.5	75.4	40	35.5	6.6	5.5	10.4	23.33	31.25	36	37	**468.74**

Source : O.N.M de Médéa(2019)

L'exploitation des données relatives à la pluviométrie enregistrée durant la période considérée permet d'observer une nette variabilité mensuelle et annuelle. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant l'automne et le printemps et les mois d'Avril et Septembre sont les plus pluvieux, l'été cumule les plus faibles quantités de précipitations qui ne

Ne dépassent pas les 10.4mm. La figure 13 représente les variations des moyennes mensuelles dans la zone d'étude.

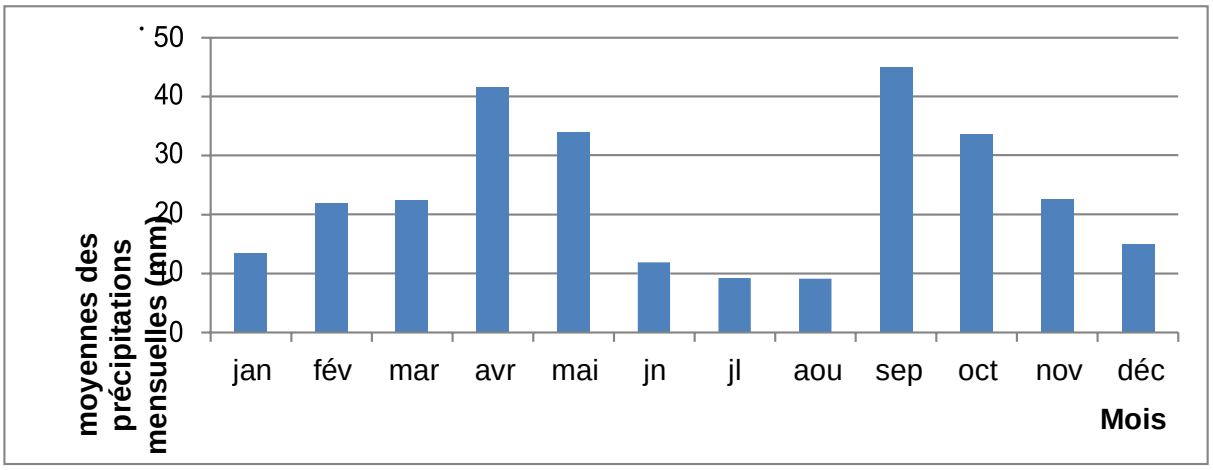


Figure N ° 27 : Variations des précipitations mensuelles de 2009 à 2019 dans la région de Ain Boucif .

7-3 Le vent :

Le vent est l'un des traits essentiels du climat steppique. La situation de cuvette ouverte que présente le Hodna facilite la pénétration des vents venants de tous les horizons par les couloirs inter montagnards. Cette cuvette connait ainsi des vents assez forts (Hachimi et Smaili, 2012). Les moyennes mensuelles des vitesses des vents dans la region de Ain Bouif sont inscrites dans le tableau 8**.**

Tableau 04 : Moyennes des vitesse du vent **(km/h)** dans la région de Ain Boucif en (2019).

Mois	**Jan**	**Fév**	**Mar**	**Avr**	**M**	**Jn**	**Jl**	**At**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Déc**
Vitesse du vent (km/h)	11.4	10	21.9	18.6	11.9	13.2	15.5	8	10.3	16	19.2	14.2

Source : O.N.M de Médéa (2019)

Une vitesse maximale a été enregistré pendant le mois de mars (21.9km/h) et une vitesse minimal de 8km/h en le mois de Aoute.

7-4 Humidité de l'aire dans les régions d'études.

L'humidité est la quantité de vapeur d'eau qui se trouve dans l'aire. L'humidités relative de l'aire est le rapport en pourcentage de la pression réelle de la vapeur d'eau a la pression de vapeur saturante la même température (**Dreux, 1980**)

Tableau 05 :Moyennes des Humidité de l'aire dans la région de Aine Boucif

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	M	Jn	Jl	At	Sep	Oct	Nov	Déc
Humidités	60.76	48.66	51.07	59.91	46.05	39.54	38.7	15.52	5.6	46.27	58.73	68.63

Source : O.N.M de Médéa (2019)

8. Synthèse climatique :

La température et la pluviométrie sont considérées comme les deux principaux éléments du climat, la plupart des relations synthétiques proposées par les auteurs combinent ces deux facteurs, ainsi les périodes humides et sèches sont mise en évidence grâce au diagramme Ombrothermique de Gaussen alors que l'étage bioclimatique est déterminé par le climagramme d'Emberger.

a) Diagramme Ombrothermique de Gaussen :

Le diagramme ombrothermique de Gaussen définit les mois secs, un mois est considéré sec lorsque les précipitations mensuelles correspondantes exprimées en millimètres sont égales ou inférieures au double de la température exprimée en degré Celsius, De même le climat est sec quand la courbe des températures se trouve au-dessus de celle des précipitations. Néanmoins, il est humide dans le cas contraire (Dreux, 1980).

Pour déterminer la période sèche de notre zone d'étude on a établi ce diagramme Ombrotermique illustrer dans la figure14.

L'étude du diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Ain Boucif, montre qu'il y a une alternance de deux périodes, l'une humide et l'autre sèche (Figure 14) :

- La période humide et froide s'étend du mois de Janvier jusqu'au mois de Mai.
- La période de sécheresse s'étend du mois de Mai jusqu'au mois de Décembre.

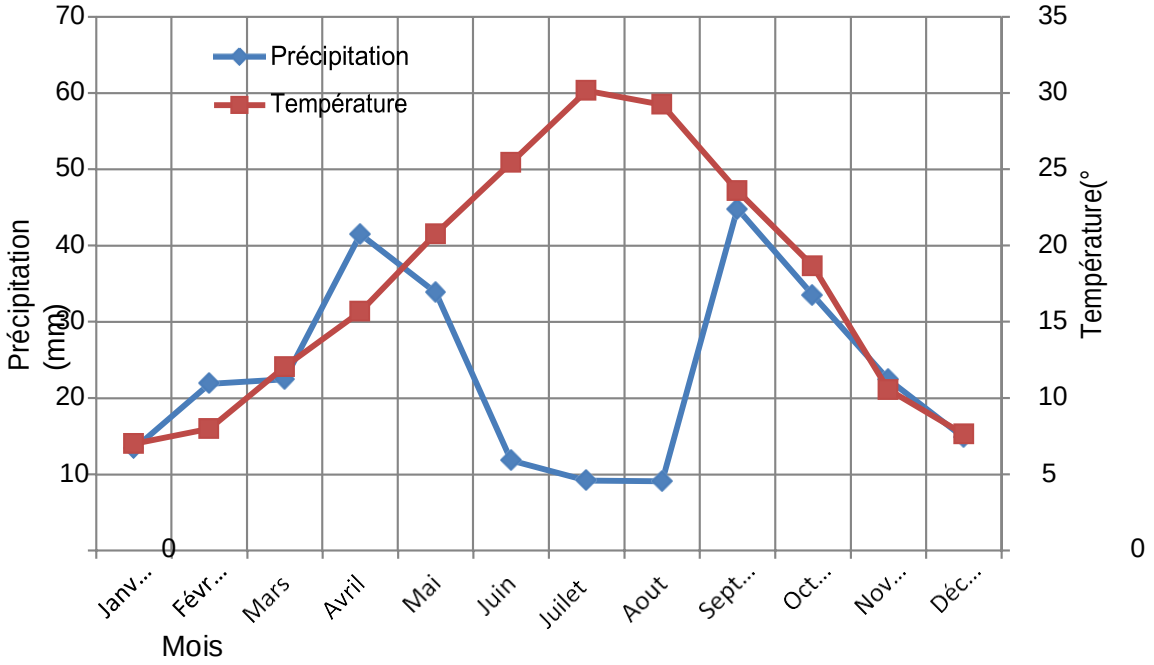


Figure N° 28 : Diagramme ombrothermique de la région de ain Boucif (2009-2019).

b) Climagramme d'Emberger :

Emberger (1955) a défini un quotient pluviométrique qui permet de distinguer entre différentes nuances du climat méditerranéen. Cet auteur a mis au point un indice tenant du total annuel des précipitations et des températures maxima et minima, c'est le quotient pluviométrique d'Emberger simplifié par Stewart (1969).

L'application du quotient pluviométrique d'Emberger (Q2), apour but de définir l'etage bioclimatique d'une station météorologique donnée .

Le quotient pluviométrique Q2 est calculé à partir de la formule suivante :

Q2= 3.43 P / (M-m)

Q2 : Quotient pluviométrique.

P : précipitation moyenne annuelle en mm.

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en C°.

m : Moyenne des températures minimales des mois le plus froid en C°.

Le quotient Q2 de la région de Ain boucif, calculé à partir des données pluviométriques et de températures obtenues durant la période de 2009 jusqu'à 2019 est égale à 51.95 La valeur calculée est portée sur le climagramme d'Emberger, qui situe la zone d'étude dans l'étage bioclimatique aride à hiver frais (Figure 15).

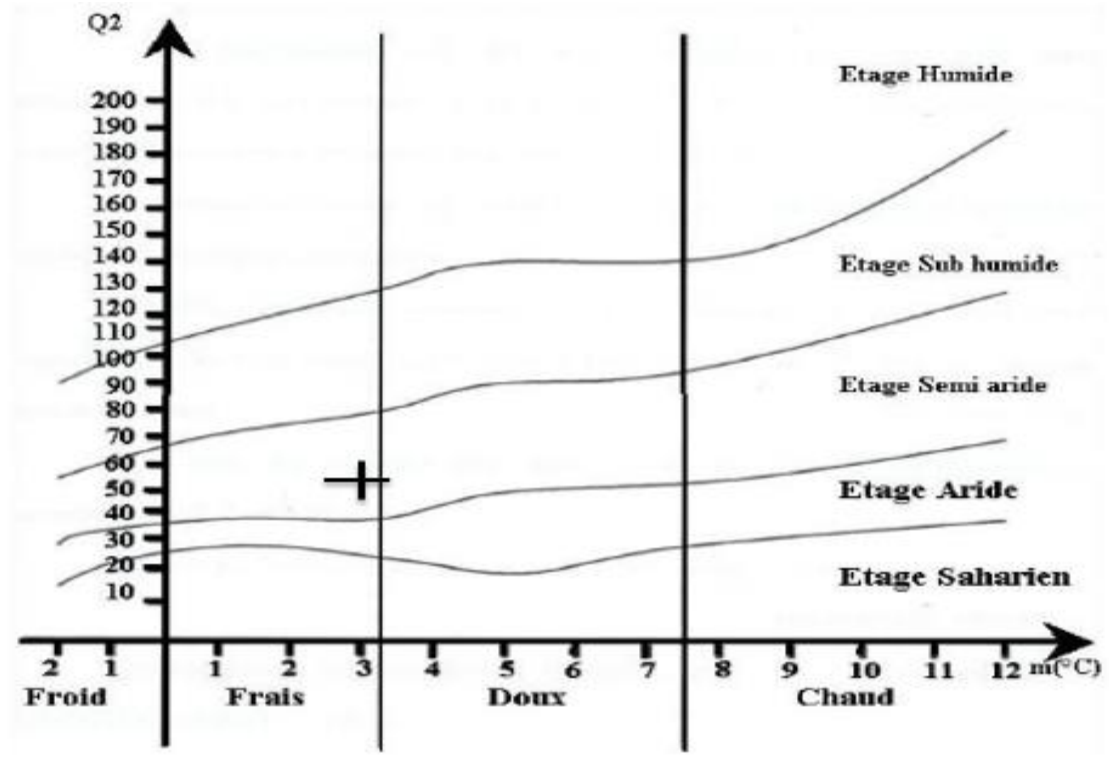


Figure N° 29 :Climagramme pluviothermique d'Emberger.

PARTIE 02 : Choix et caractéristique des stations d'études

1. Choix des sites d'étude :

Sur la base des prospections préalables conduites dans les peuplements des pinacées qui subissent des attaques périodiques de la processionnaire du Pin, quatre sites ont été retenus. la synthèse des données des sites d'étude est regroupée dans le tableau 02.

Tableau 06 : synthèse des données des sites d'étude

Stations	exposition	Etage bioclimatique	Altitude(m)	Superficies (hectares)	LongitudeEst	Date de plantation
El-gharbia	Sud-Ouest	Semi aride	1000	40	3°43'0.12"E	1980
El -barda	Sud-Est	Semi aride	1100	138	3°43'33.67"E	1985
kaf measkar	Nord -Este	Semiaride	1100	110	3°59'19.47''E	1983
Kaf lakhdar (Tizerza)	Nord -Est	Semi aride	1185	50	3°59'29.79''E	Jeune Reboisement2013



Figure N° 30 : vue général de la station N° 03(originale).



Figure N° 31 : Vue général de la station N°04(original)



Figure N° 32 : vue général de la station N° 01(originale).



Figure N° 33 : vue général de la station N° 02(originale).

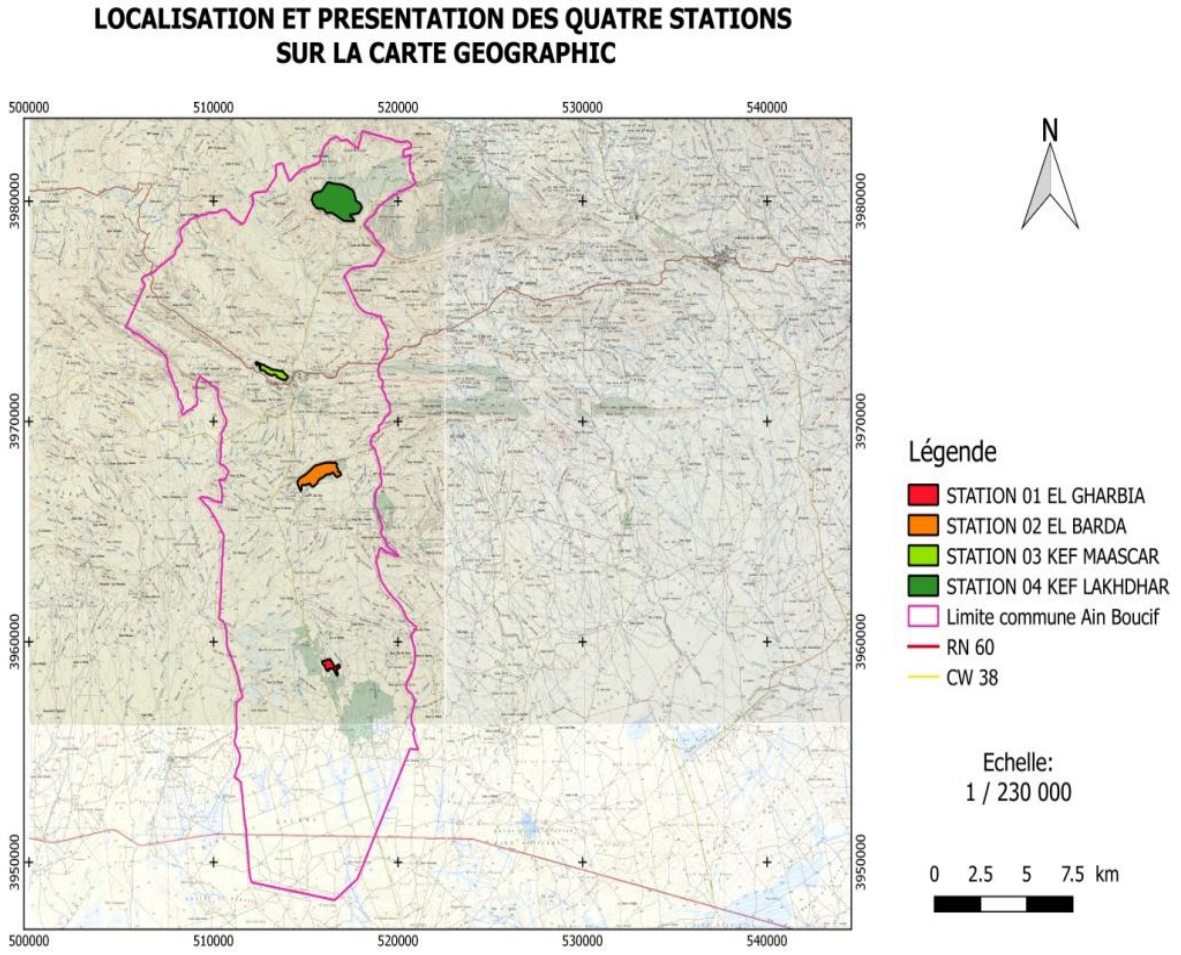


Figure N° 34 : Localisation des quatre stations sur la carte géographique, Ain Boucif.

2. Méthodologie adoptée

2.1. Dénombrement des nids d'hiver :

La quantification des nids de la processionnaire du pin s'est déroulés au cours du mois de mars, car à cette époque, ils sont très architecturés et sont à leur taille maximale**.** Nous avons adopté un échantillonnage systématique qui est largement utilisé pour les inventaires forestiers. Il consiste à tirer au sort le premier élément d'une série d'unité d'échantillonnage, puis à prélever systématiques les éléments suivants selon un intervalle constant (Tahri, 2013).dans notre cas, nous considérons un arbre sur deux. Un effectif de 400 arbres a été pris en considération. Dans chaque station nous avons retenu 100 arbres en ligne. Des fiches de station ci-après seront exploitées. Un comptage minutieux des nids a été effectué à chaque niveau de l'arbre et selon leur exposition (Figure 21).

Niveau 1 : la partie basale de l'arbre. Niveau 2 : la partie médiane de l'arbre. Niveau 3 : la partie extrême de l'arbre.



Figure N° 35 : Dénombrement des nids d'hiver (originale).

3. Méthodes d'analyse statistique :

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

3.1 Analyse descriptive :

Il s'agit d'un ensemble de méthodes permettant de décrire les unités statistiques qui composent une population. Elle a essentiellement pour but de dégager un certain nombre de renseignements quantitatifs et qualitatifs pour une comparaison et présenter les données observées sous une forme telle qu'on puisse facilement en prendre connaissance. Cette analyse est basée sur un calcul effectué séparément pour chaque variable, dans ce volet statistique, plusieurs calculs sont effectués, les moyennes, les écarts-types et le coefficient de variation. Ceux-ci ont été réalisés à l'aide du logiciels Excel et Statistica.8

Distribution fréquentielle.

L'analyse fréquentielle représente la méthode pratique pour la description d'une population ou d'un échantillon et d'en procéder avant tout à une distribution de fréquence. Ceci dans le but de caractériser les populations dans leur ensemble et de présenter les données sous une forme synthétique, sans perdre l'essentiel de l'information contenue dans les valeurs de la variable à établir. Les données sont rangées, puis regroupées dans un nombre restreint de classes. Il s'agit donc d'une distribution qui montre la probabilité d'apparition de toutes les valeurs d'une

variable théorique. La forme de la distribution doit répondre à une loi normale afin que les résultats soient fiables.

3.2. Analyse de la variance (ANOVA) :

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 (Dagnelie, 2007).

3.3. Régression linéaire :

C'est une méthode statistique qui consiste à décrire les relations entre une variable privilégiée, appelée variable expliquée et plusieurs variables jouant un même rôle par rapport à la première, appelées variables explicatives. Le coefficient de détermination R2 calculé, représentant la mesure de la proportion de la variable explicative par la variable à expliquer. Il évalue le degré d'association entre les deux variables et permet de juger la qualité de l'ajustement des points par la droite de régression (Dagnelie, 2007).

3.4. Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales (ACP) est une méthode des statistiques multivariées d'analyse de données qui consiste à transformer des variables liées entre elles, dites "corrélées" en nouvelles variables indépendantes les unes des autres donc "non corrélées". Ces nouvelles variables sont nommées "composantes principales", ou axes. L'analyse en composantes principales réalisé à l'aide du logiciel Statistica, permet de réduire l'information en un nombre de composantes plus limité que le nombre initial de variables (Duby et Robin, 2006)

Chapitre III :Résultats et discussions

1. Analyse fréquentielle des nombres des nids au niveau des quatre stations prospectées :

Cette analyse montre la fiabilité de notre échantillonnage, elle met en évidence la distribution des paramètres étudiés.

L'analyse fréquentielle des nombres des nids d'hivers de la processionnaire du pin dans les quatre stations d'étude est regroupée dans le tableau 6 et illustrée par les figures de 34 à 37

Tableau 07. Synthèse de l'analyse fréquentielle des nombres des nids d'hiver.

Stations	Classes	Cas observé (effectifs)	Cumul Observé	% Observé	% Cumul Observé
Station 01 **El-gharbia**	0-2.6	6	6	6	6
	2.6-5.2	36	42	36	42
	5.2-7.8	26	68	26	68
	7.8-10.4	26	94	26	94
	10.4-13	6	100	6	100
Station 02 **El -barda**	0- 1.66	2	2	2	2
	1.66-3.33	5	7	5	7
	3.33-5	49	56	49	56
	5-6.66	25	81	25	81
	6.66-8.33	18	99	18	99
	8.33-10	1	100	1	100
Station 03 **Kaf-measkar**	0-2.5	5	5	5	5
	2.5-5	45	50	45	50
	5-7.5	38	88	38	88
	7.5-10	9	97	9	97
	10-12.5	2	99	2	99
	12.5-15	1	100	1	100
Station 04 **Kaf-lakhdar**	0-2.66	9	9	9	9
	2.66-5.33	36	45	36	45
	5.33-8	37	82	37	82
	8-10.66	15	97	15	97
	10.66-13.33	2	99	2	99
	13.33-16	1	100	1	100

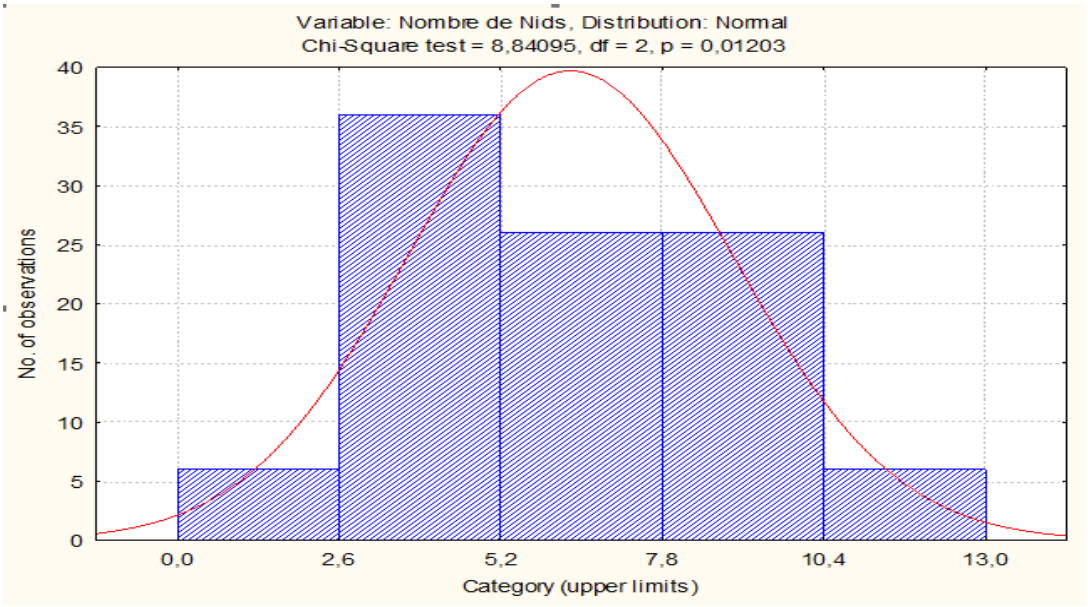


Figure N° 36 : Analyse fréquentielle de nombre des nids dans la station1 (El Gharbia).

Les données recueillies présentent une probabilité significative (p=0,01). L'analyse fréquentielle des nombres des nids par classe met en évidence cinq classes. Le nombre moyen des nids dénombrés vari de 0 à 13 nids par arbre, La grande proportion est de 36 cas, cette classe présente moyenne de3 à 5 nids par arbre soit un effectif de 36% de l'échantillon global. Les deux classes qui hébergent un nombre moyen de nids allant de 5 à 8 et de 8 à 10 nids par arbre, présentent des effectifs similaires de 26 cas. Les classe de 0 à 3 et de 10 à 13 nids par arbre reste trop limitée avec seulement 6 cas.

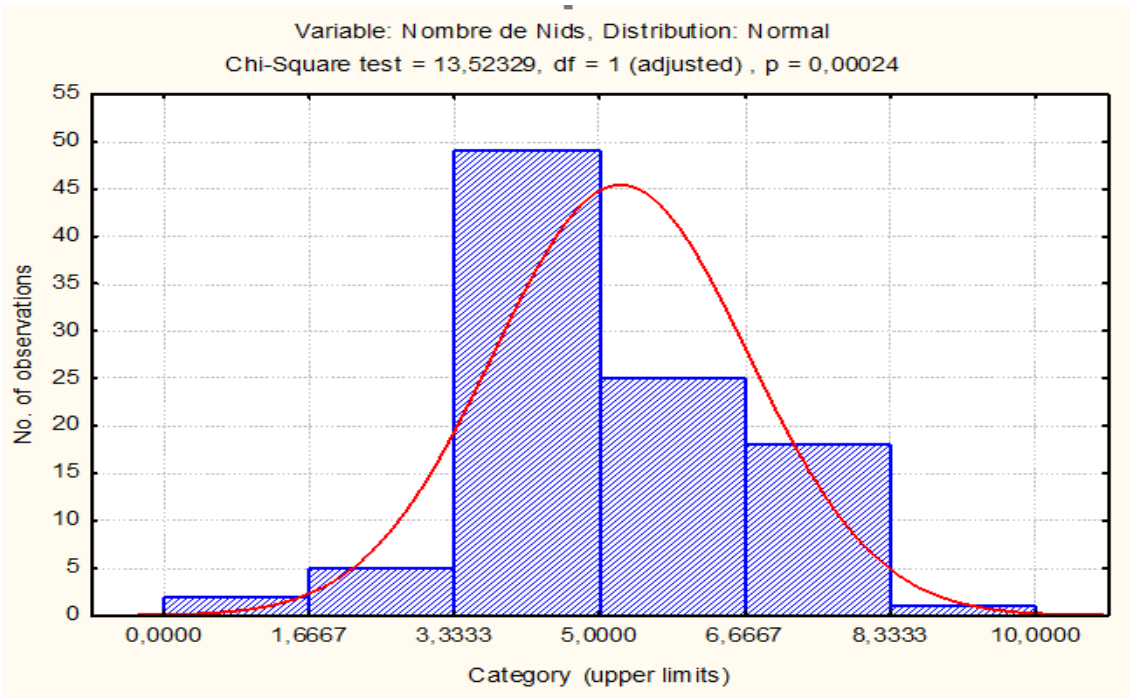


Figure N° 37 : Analyse fréquentielle de nombre des nids dans la station 2 (El Barda)

Les données recueillies se répartissent significativement selon une distribution normale en 6 classes avec une probabilité significative. La troisième classe estla plus représentée avec des nombres moyens de nids de 3 à 5 cette classe comprend 49 cas. La cinquième classe regroupe 17 observations ayant des moyennes de 5 à 10 nids pour chaque arbre. La dernière classe est limitée à 2cas.

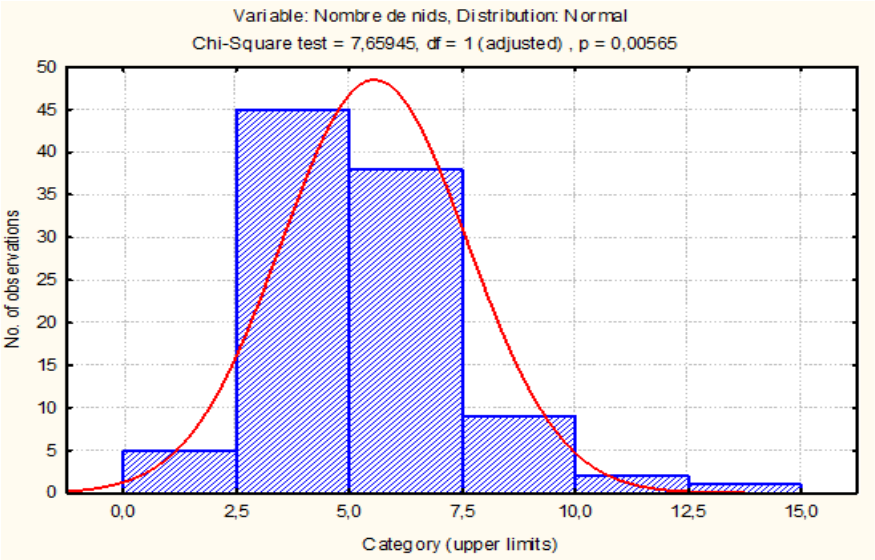


Figure N° 38 : Analyse fréquentielle de nombre des nids dans la station 3 (Kaaf Maesker)

Les données se répartissent significativement selon une distribution normale en 5 classes avec une probabilité (p=0,006) La classe la plus importante présente des taux d'infestation 3 à 5 nids par arbre pour un effectif total de 45% des arbres de la station. 38 % des arbres présentent un nombre moyen de nids variable de 5 à 8 nids. La classe de 8 à 15 nids reste la moins représentée par des effectifs inferieurs à 15%.

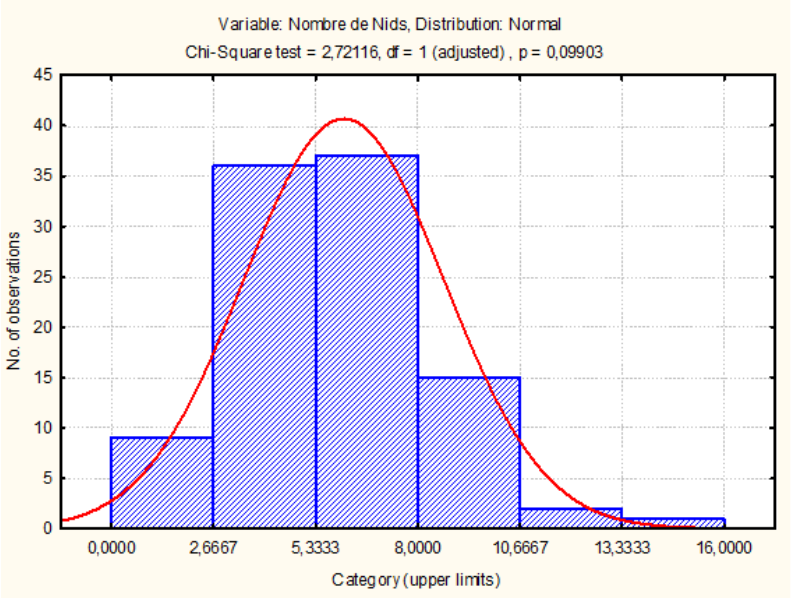


Figure N° 39 : Analyse fréquentielle de nombre des nids dans la station 4(KafLakhdhar)

Les données recueillies ont la même allure que les précédents histogrammes. De même on note une probabilité significative entre les 6 classes (p=0,09). Les deux classes représentant un effectif de 36 et 37% des arbres échantillonnés abritent un nombre moyen de nids variable de 3 à 8. Les quatre autres classes restent mois représentées et relativement limitées.

Les résultats de l'analyse fréquentielle montrent que la station 4 (Kaf Lakhdhar) présente des densités les plus important de nids. Cette stationest un jeune reboisement offrant des conditions d'alimentation plus propices par rapport aux autres stations étudiées. La qualité des nutritionnelle est un facteur clé de la croissance des stades immatures des insectes (Scriber et Slansky, 1981) ; (Amalrajet Sivagnaname,2005). La structure et l'âge de l'arbre ont une influence directe sur les pullulations de la processionnaire du pin.Ainsi, la phytophagie serait largement influencée par la chimie et la physiologie de la plante hôte qui représentent des facteurs clés qui expliquent la réponse différentielle des insectes phytophages forestiers (Kurban, 1989).

A ce sujet, Boege (2005) note que les jeunes arbres sont en effet souvent très réactifs à la défoliation l'importance de la taille de l'arbre hôte, les capacités de réserve carbonée et le rapport (biomasse des pousses / des racines) augmentent avec l'âge et la taille de l'arbre (Medhurst et al, 1999) ce qui suggère une réponse différenciée à la défoliation en fonction de l'âge. La structure des aiguilles reste un élément de choix dans la répartition de la processionnaire du pin. Les aiguilles tendres et fournies en éléments nutritifs sont les plus recherchées par les colonies de la processionnaire du pin. Dans les zones semi-arides, les populations de la processionnaire ont tendance à migrer et à prendre plus de l'extension dans les reboisements. De même des populations peuvent revenir quelques années sur les mêmes sites qui se sont reconstitués.

En revanche, la défoliation peut créer une réaction de défense par l'hôte (Haukioja, 1990; Nykanen et Koricheva, 2004) qui peut éventuellement se traduire par une diminution de la qualité de la nourriture(Smits et Larsson, 1999). Cettemodification pourra causer une diminution de la population du ravageur en question. Il a été montré que chez le pin sylvestre, une défoliation par la processionnaire du pin avait un impact sur la survie des chenilles qui se développaient l'année suivante sur ces mêmes pins (Hodar et *al*, 2004).

2. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver des en fonction de l'altitude

Le dénombrement des nids effectué sur les 200 arbres échantillonnés dans les deux tranches altitudinales retenues a conduit aux résultats qui sont réunis dans le tableau 7

Tableau 08: Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés dans les stations 01et 04.

Variables	**Station01 El Gharbia 1000m**	**Station04 Kaflakhdar1185m**
Effectif d'arbres	100	100
Somme	632	618
Moyenne	6.32	6.18
Minimum	02	01
Maximum	15	15
Écart-type	2.47	2.32

Le résultat du comptage des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin effectué dans les deux stations, présentant une situation altitudinale différente, montre que les valeurs moyennes du nombre de nids enregistré sont proches avec des moyennes respectives de 6.32et 6.18 nids par arbre.

Seule une différence de quatorze nids est enregistrée entre le nombre total des nids dé nombrés dans la station 01et 04, avec des effectifs respectifs de 618 et 632.

Les valeurs extrêmes du nombre des nids par arbre sont, respectivement (01-15) et (02-15) pour les stations 01et 04.

Les résultats de l'analyse de la variance du nombre de nids en fonction de l'altitude sont représentés par la figure 38.

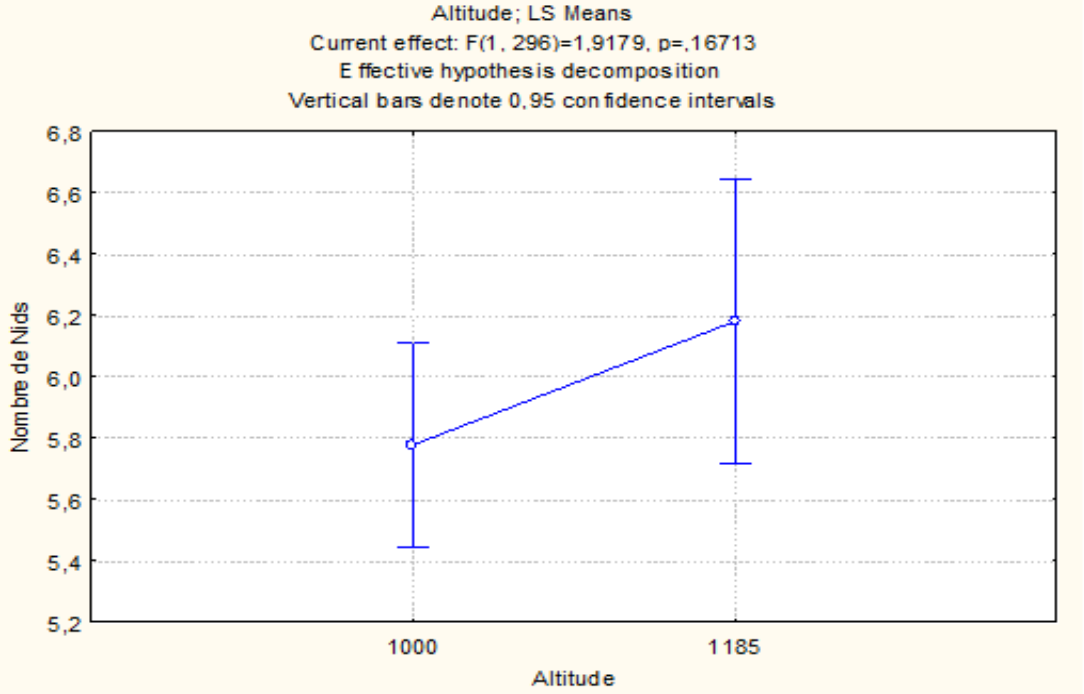


Figure N° 40 : Comparaison des moyennes des nombres des nids par arbre en fonction de l'altitude.

L'analyse de la variance fait apparaitre une différence non significative (p=0,16, *p*> 5%) entre le nombre moyen de nids dans les deux tranches altitudinale étudiées.

Le nombre de nids d'hiver semble ne pas avoir été affecté par l'effet de l'altitude. Le même résultat est trouvé par Ziouche (2017) dans l'étude de la stratégie de choix de l'emplacement des nids d'hiver dans trois pinèdes dans la région de Bourdj Bou Arariddj qui appartiennent au même étage bioclimatique que les deux stations retenues.

Dans la région de Bousaada appartenant à l'étage bioclimatique aride Aouari et Gherbi (2014) notent que le nombre de nids enregistre une augmentation en altitude. Les stations à plus de 1000 m sont les plus recherchées par la processionnaire du pin pour la construction des nids. A ce sujet, Demolin (1969) souligne que la processionnaire du pin échappe aux fortes chaleurs par une montée en altitude.

3. Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver en fonction de l'exposition :

La comparaison des moyennes des nids en fonction de l'exposition des stations étudiées est représentée par la figure 39. Cette analyse montre un effet significatif de l'exposition des stations étudiées sur la répartition verticale des nids.

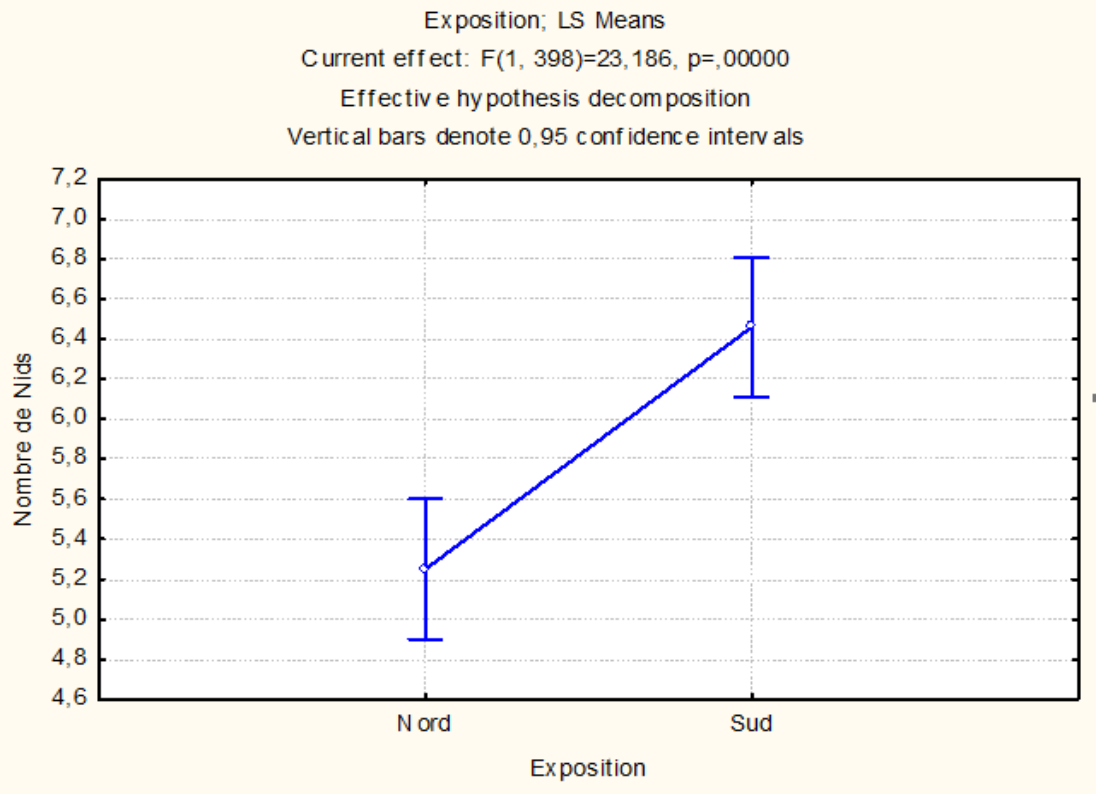


Figure N° 41 : Comparaison des moyennes des nombres des nids par arbre dans les stations prospectées en fonction de l'exposition.

Entre les sites considérés, la comparaison moyennes des nids dans les stations montre une différence très hautement significative (p=0,0001), et que les stations à exposition sud sont les plus attaquées contrairement aux stations à exposition Nord, ceci est dû à l'exposition des arbres et à l'ensoleillement. En cors, des études menées par Geri (1984) confirment que les attaques de *Thaumetopoea pityocampa* sont plus sévères sur les arbres exposés Sud que chez ceux exposés Nord. La prépondérance des expositions Sud a été notée aussi par Bertella (1987) dans la région de Batna. En Grèce, le choix des expositions Sud et Est pour construire les nids a été également observé dans de nombreuses pinèdes (Breuer et *al.*, 1989).

Hezil (2018) signale que le degré d'infestation est plus significatif dans les zones exposées au nord en 2014 et 2015. En 2016 les zones exposées au nord et au sud sont les plus infestées au niveau du barrage vert de la région de Djelfa.

Selon Robinet et *al*. (2007), Battisti et *al*., (2006), ce ravageur étend son aire de répartition grâce au réchauffement climatique en latitude et en altitude. Dans les reboisements du barrage vert, la processionnaire du pin s'installe progressivement avec une forte fréquence et sa répartition prend de l'extension.

4. Répartitions des nids d'hiver en fonction des hauteurs des arbres :

4.1. Corrélation entre la hauteur totale des arbres et le nombre de nids

Les courbes de régression représentant la répartition des effectifs des nids en fonction de la hauteur des arbres sont illustrés par les figures de 40 à 43.

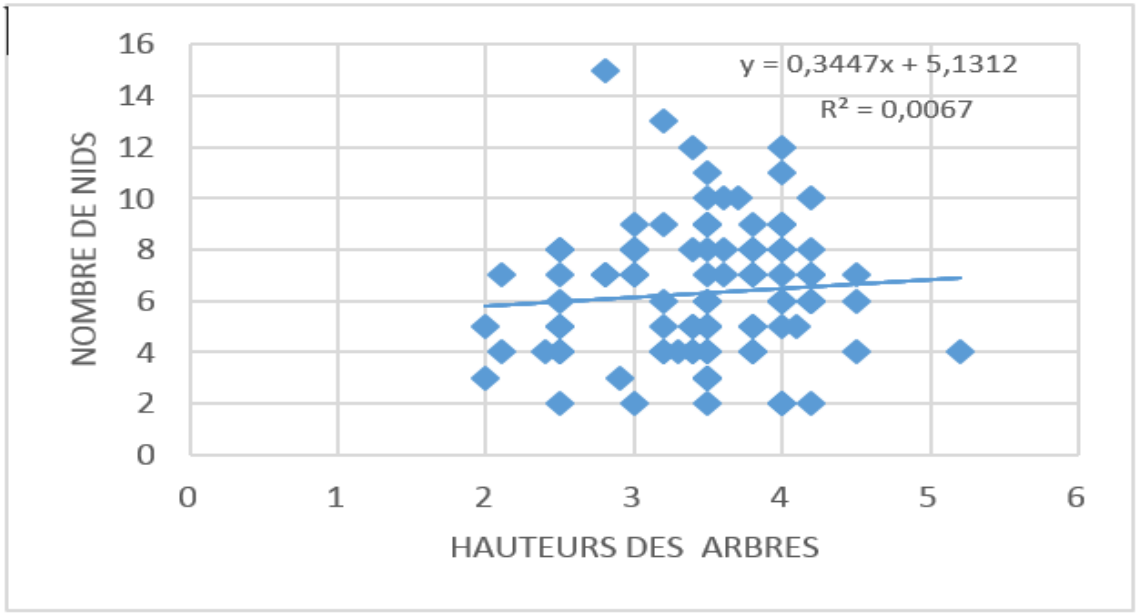


Figure N° 42 : Relation entre la hauteur des arbres et le nombres de nids dans la station1

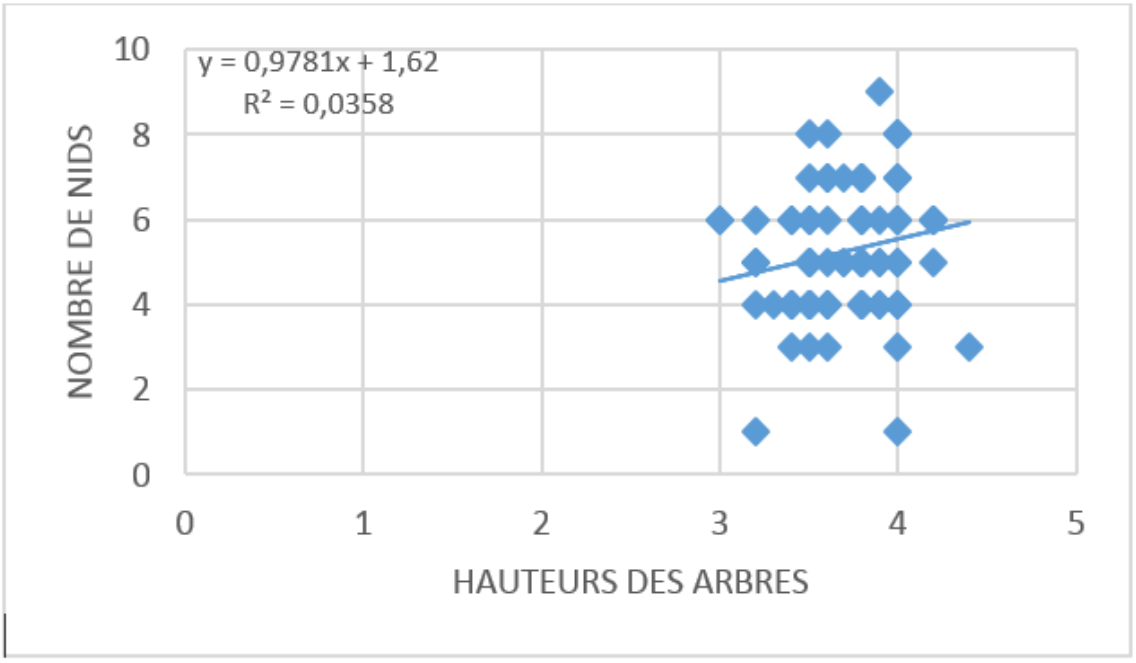


Figure N° 43 : Relation entre la hauteur des arbres et le Nombres de nids dans la station 2

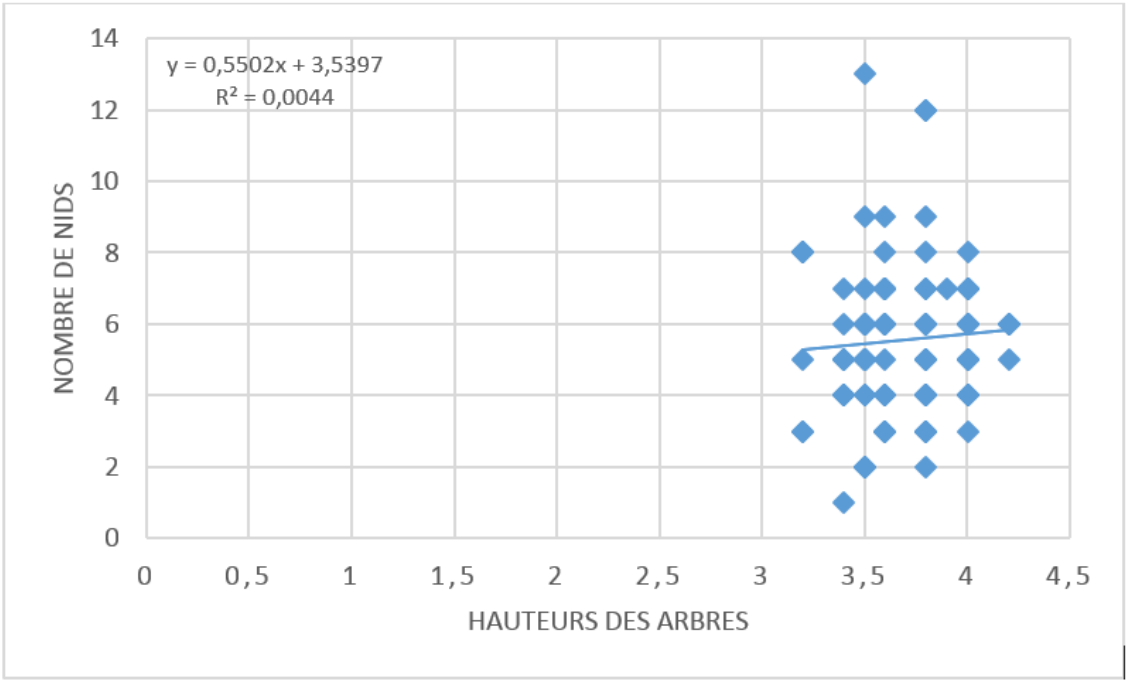


Figure N° 44 : Relation entre la hauteur des arbres et le nombres de nids dans la station3

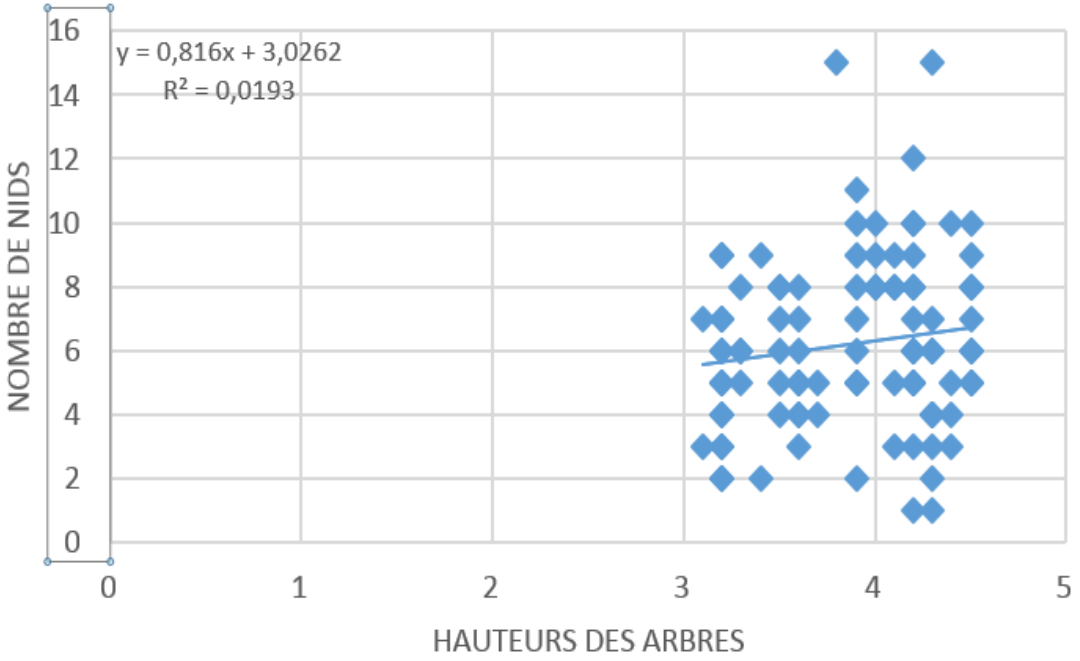


Figure N° 45 : Relation entre la hauteur des arbres et le nombre de nids dans la station4

L'analyse des figures 40, 41, 42 et 43 permet de constater l'absence de corrélation et que la hauteur des arbres n'a pas d'effet significatif sur l'effectif des nids.

4.2. Analyse de la variance des hauteurs des arbres des quatre stations considérées

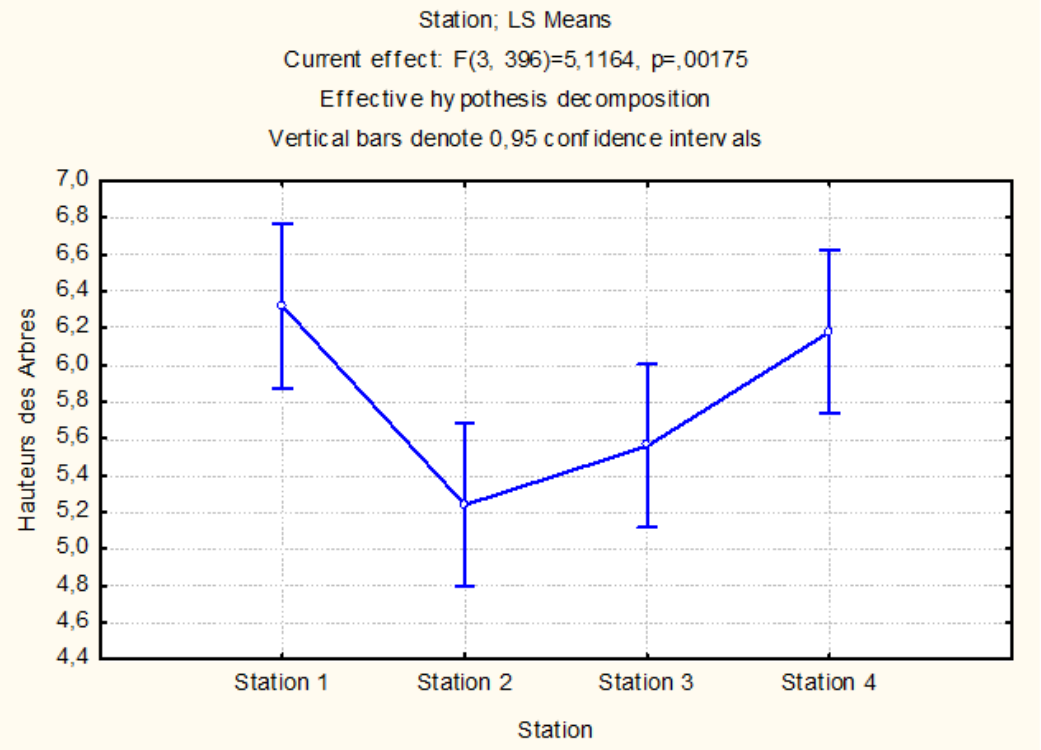


Figure N° 46 : Relation entre la hauteur des arbres et le nombres de nids dans les quatre stations

Tableau 09 : Test de Newman-Keuls des hauteurs des arbres au niveau des quatre stations.

Newman-Keulstest; variable Hauteurs des Arbres ApproximateProbabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,19595, df = 396,00				
Station	**{1}**	**{2}**	**{3}**	**{4}**
Station 1		0,000185	0,000125	0,000008
Station 2	0,000185		0,860534	0,008813
Station 3	0,000125	0,860534		0,014363
Station 4	0,000008	0,008813	0,014363	

La comparaison des moyennes par Anova et ont montré la présence d'une différence significative entre la hauteur des arbres dans les quatre stations prospectées. Le Test de Newman-Keuls nous a permis de situer la variabilité entre les stations étudiées, une différence significative est notée entre les stations; cela peut être expliqué par la variabilité de l'âge desplantations. Pour les stations 2 et 3 les auteures des arbres ne présentent pas de variabilité vu la proximité de l'âge des deux peuplements. Demolin (1969) a expliqué que les parcelles de grands arbres sont peu attractives.

5. Répartitions des nids d'hiver en fonction de l'exposition et de leur position sur l'arbre

La répartition des nids d'hiver en fonctions de l'exposition et de leur position sur l'arbre dans les quatre stations d'étude est regroupée dans le tableau 09

Tableau 10 : Nombre des nids en fonctions de l'exposition et de la position sur l'arbre

	Niveau 1				Niveau 2				Niveau 3			
	N	**S**	**E**	**W**	**N**	**S**	**E**	**W**	**N**	**S**	**E**	**W**
Station N°01	0	0	0	0	246	254	0	203	203	204	62	42
Station N°02	0	0	0	0	42	52	14	11	0	0	0	0
Station N°03	0	0	0	0	259	200	0	0	0	0	0	46
Station N°04	0	0	0	0	176	150	59	4	34	183	18	0

Une répartition très hétérogène est notée à travers les niveaux et les directions. L'orientation sud est un véritable réservoir qui alimente les autres directions (N, E, W) on assiste à un mouvement très stratégique et spatio-temporel de la distribution de la processionnaire du pin dans la région d'étude. Une stratégie d'occupation s'effectue en relation avec le positionnement des nids sur l'arbre. La processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* cherche les parties les plus ensoleillés pour installer son nid d'hiver. En adoptant une stratégie qui lui permet d'optimiser les facteurs du milieu elle effectue un déplacement des parties médianes vers les hauteurs.

La position médiane est la plus recherchée pour assurer une meilleure insolation. Le même résultat été noté (Breuer*et al*., 1989) et par Bertella (1987) dans la région de Batna. En Grèce, le choix des expositions Sud et Est pour construire les nids a été également observé. La prépondérance des expositions Sud est confirmée aussi dans la région semi-aride de l'Algérie par les travaux de Bertella (1987) et de Zamoum (1998). Des résultats similaires ont été rapportés par Geri (1984) ; Geri et *al*. (1985) ; Breuer et *al*. (1989). Les emplacements à exposition Est et Ouest sont aussi conséquents à Chréa. Ils semblent aussi offrir de bonnes conditions thermiques pour les larves de la processionnaire. Les sites à orientation Nord sont moins présents et localisés dans les peuplements de crêtes.

Pour plus de résultats nous avons réalisé une analyse de la variance des de la répartition des nids d'hiver en fonction de l'exposition des stations d'étude et de leur position sur l'arbre, les résultats sont illustrés par les figures 47 et 48.

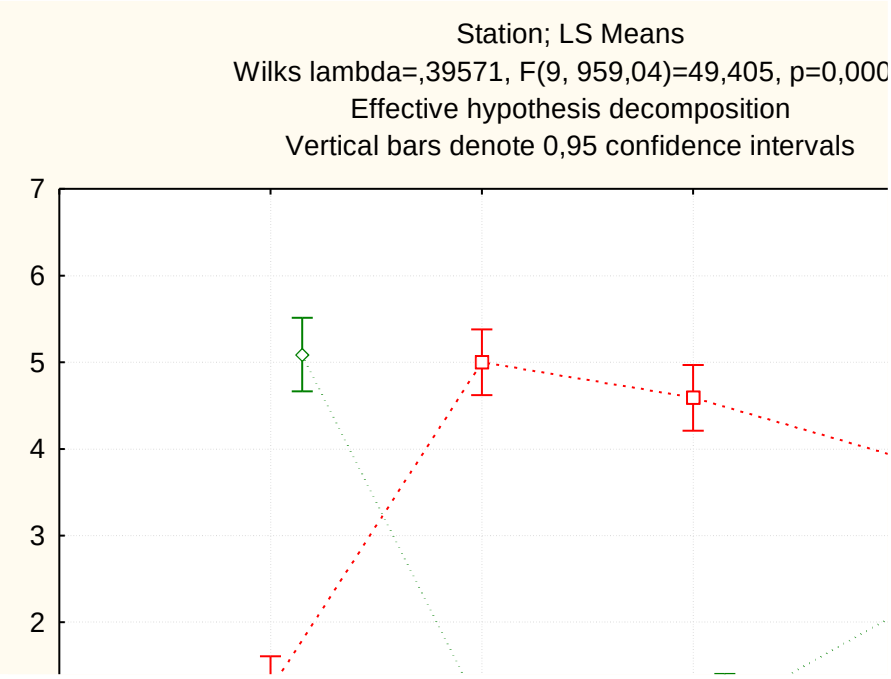


Figure N° 47 : Comparaison des moyennes des nids en fonction de leur position sur l'arbre.

Le graphe ci-dessus représente les variations du nombre de nids d'hiver en fonction des positions, pour les deux positions extrême et centrale. Les valeurs calculées restent très comparables au niveau de la partie basale des arbres les moyennes obtenues sont inférieures aux autres positions. La partie médiane est la plus recherchée par la processionnaire du pin. A ce sujet Zamoum (1998) et Merad (2011) notent que dans les zones arides la partie médiane est la plus recherché par la processionnaire du pin et Hezil (2012) démontrent que la partie extrême est la plus recherché par l'insecte dans les régions semi-arid

Les nids se trouvant sur l'extrémité apicale au centre de l'arbre sont construits lorsque les chenilles ne parviennent pas à choisir une exposition favorable, ils sont observés sur les arbres mal ensoleillés dans les peuplements denses. A l'échelle du peuplement forestier les observations montrent que les formations denses composées d'arbres élevés sont peu attractives et par conséquent moins attaquées par la processionnaire (Démolin, 1969 ; Geri ,1983)

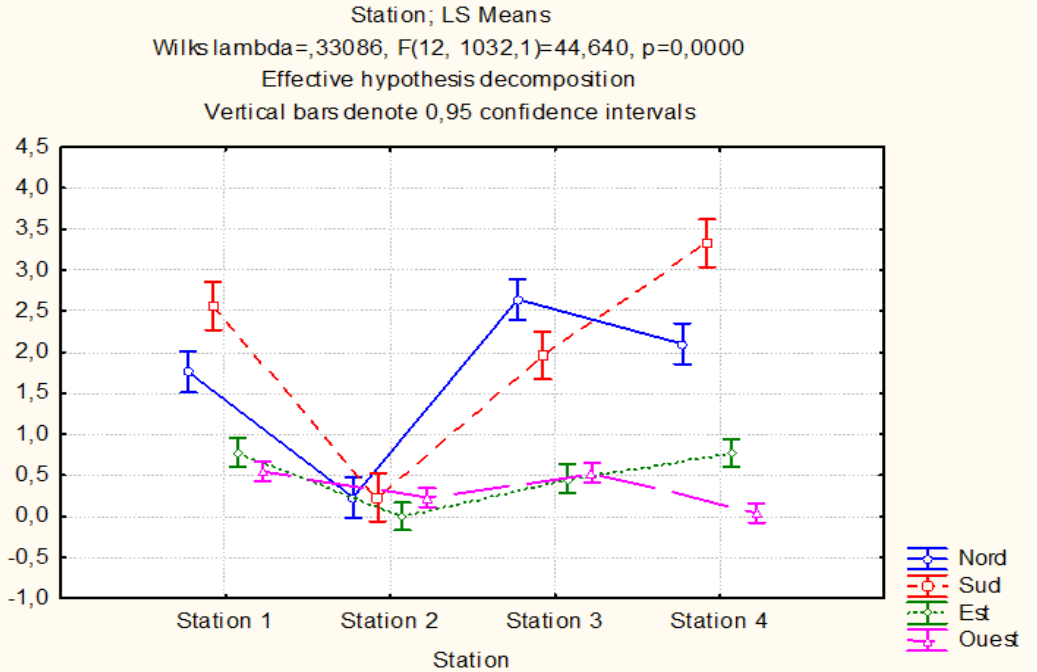


Figure N° 48 : Comparaison des moyennes des nids en fonction de leur exposition.

La comparaison des moyennes des différentes expositions des nids montre une différence très hautement significative entre les taux d'infestation au niveau des quatre directions cardinales. L'exposition sud reste la plus recherchées par l'insecte au niveau des station 1,2 et 4. L'analyse de variance s'accompagne d'un tableau qui permettra de tester si l'ensemble des variables explicatives (Niveau*Orientation) a un effet significatif sur la variable dépendante (nombre des nids) il permettra également d'en déduire l'estimation de la variance (Tableaux 10, 11, 12 et 13).

Tableau 11 : Analyse de la variance du nombre de nids en fonction de l'orientation et leur position sur l'arbre au niveau de la station 1

Univariate Results for Each DV Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	Degr. offre Edom	SS	MS	F	p
Intercept	1	339,203	339,2033	339,7238	0,001
Niveau	2	361,682	180,8408	181,1183	0,001
Orientation	3	118,977	39,6589	39,7197	0,001
Niveau*Orientation	6	131,958	21,9931	22,0268	0,001
Error	1188	1186,180	0,9985		
Total	1199	1798,797			

Tableau 12 : Analyse de la variance du nombre de nids en fonction de l'orientationet leur position sur l'arbre au niveau de la station 2.

Univariate Results for Each DV Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	Degr. Offre Edom	SS	MS	F	p
Intercept	1	234,967	234,9675	828,1407	0,001
Niveau	2	411,515	205,7575	725,1903	0,001
Orientation	3	197,009	65,6697	231,4523	0,001
Niveau*Orientation	6	452,438	75,4064	265,7691	0,001
Error	1188	337,070	0,2837		
Total	1199	1398,033			

Tableau 13 : Analyse de la variance du nombre de nids en fonction de l'orientation et leur position sur l'arbre au niveau de la station 3.

Univariate Results for Each DV Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	Degr. Offre Edom	SS	MS	F	p
Intercept	1	263,024	263,0237	652,1976	0,001
Niveau	2	298,468	149,2338	370,0425	0,001
Orientation	3	118,407	39,4689	97,8678	0,001
Niveau*Orientation	6	462,692	77,1154	191,2165	0,001
Error	1186	478,300	0,4033		
Total	1197	1352,028			

Tableau 14 : Analyse de la variance du nombre de nids en fonction de l'orientation et leur position sur l'arbre au niveau de la station 4.

Univariate Results for Each DV Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	Degr. Offre Edom	SS	MS	F	p
Intercept	1	324,480	324,4800	382,2029	0,001
Niveau	2	191,885	95,9425	113,0101	0,001
Orientation	3	211,967	70,6556	83,2247	0,001
Niveau*Orientation	6	191,088	31,8481	37,5136	0,001
Error	1188	1008,580	0,8490		
Total	1199	1603,520			

L'analyse porté dans les tableaux montre une probabilité significative (0,001), une stratégie d'occupation s'effectue en relation avec l'exposition de l'arbre et le positionnement des nids sur l'arbre. La processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* cherche les parties les plus ensoleillées pour installer son nid d'hiver. En adoptant une stratégie qui lui permet d'optimiser les facteurs du milieu elle effectue un déplacement horizontal des parties médianes vers les hauteurs.

Les résultats du dénombrement des nids d'hiver de *T. pityocampa* ont été soumis à une ACP (Analyse en Composantes Principales).

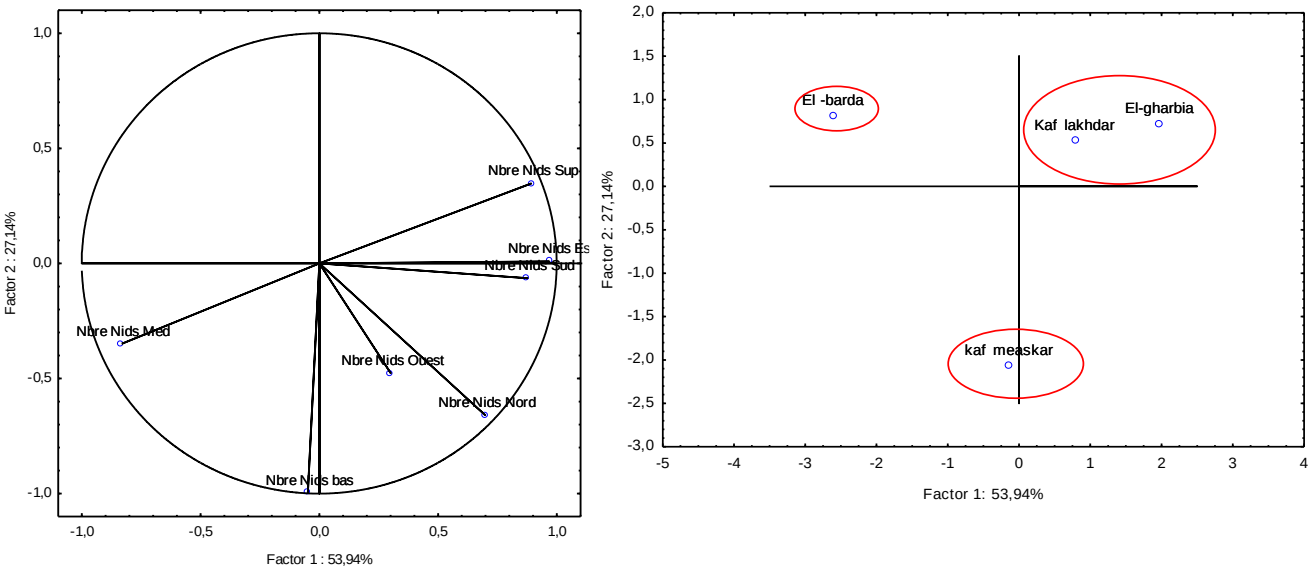


Figure N° 49 : Projection des abondances des nids d'hiver selon les points cardinaux et leur position sur l'arbre sur les deux axes de l'ACP.

L'analyse est satisfaisante pour l'ensemble des paramètres étudiés dans la mesure où plus de 80% de la variance est exprimée sur les deux premiers axes (Figure 47). La projection des variables relatifs à l'abondance des nids d'hiver selon leur position sur l'arbre et selon leur exposition au niveau des quatre stations d'étude, montre que les arbres du pin d'Alep présentent le même niveau d'infestation par les nids d'hiver de la chenille de *T. pityocampa* dans les différentes régions étudiées. La projection estime que les chenilles de *T. pityocampa* s'attaquent aux essences du pin d'Alep *P. halepensis* quel que soit la région, car ces nids d'hiver sont présents dans les quatre sites étudiés.

En revanche, la projection des abondances et des orientations cardinaux sur l'axe 2 (27,14%) démontre que les sites de El gharbia et kaflakhdarest caractérisé par un positionnement des nids d'hiver aux point cardinal Est du niveau supérieur des arbre. La position médiane reste le choix idéal des femelles pour déposer leurs œufs, elle présente une corrélation négative avec les autres paramètres étudiés.

Conclusion

Conclusion

Conclusion :

La dynamique des infestations de la processionnaire du pin est particulièrement liée à son adaptation et sa capacité potentielle à se propager. Ces caractéristiques fournies aux populations une performance, en leur permettant d'intégrer tous les facteurs environnementaux dans leur développement.

Sur la base des données recueillies, le nombre des nids d'hiver de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* dénombrés est variable entre les différentes stations prospectées. Cette variabilité est régie par plusieurs facteurs, entre autres,

l'altitude, l'exposition, ainsi que la haut eur des arbres dans les stations qui ont fait l'objet de nos investigations.

Le travail de recherche effectué dans les stations Gharbia sud et Elbarda Nordde Ain boucif et les deux stations Maaskar et kaflakhder, nous a permis de retenir les points suivants :

- L'analyse fréquentiel du nombre de nids par arbre montre une variabilité significative qui caractérise la répartition des nids selon les classes et qu'il y a une abondance conséquente des nids dans les quatre stations prospectées.
- Les sites d'exposition Sud sont les plus infestées et les effectifs les plus importants de nids d'hiver ont été dénombrés sur la partie orientée Sud de l'arbre.
- Les parties médianes des arbres sont les plus recherché parla chenille processionnaire du pin pour l'installation de ses nids d'hiver.
- Le nombre de nids d'hiver ne présente pas une corrélation avec la hauteur des arbres.

En conséquence les populations de la processionnaire construisent leur nid d'hiver en adoptant une stratégie qui leur permet d'optimiser les facteurs du milieu compte tenu de la répartition des nids d'hiver Thaumetopoa epityocampa dans la région de Ain Boucif, il serait souhaitable de tirer plus d'informations sur la dynamique des populations et les fluctuations spatiales de ce défoliateur ainsi que son cortège d'ennemis naturels afin d'opter pour des méthodes de surveillance et des stratégies qui permettront d'assurer une meilleure protection de ce massif forestier.

Références

Références :

1. **Amalraj, D.; N. Sivagnaname& P. Das. (2005).** Effect of food on immature development, consumption rate, and relative growth rate of Toxorhynchitessplendens (Diptera:Culicidae), a predator of container breedingmosquitoes. Memórias do Instuto Oswaldo Cruz 100 (8): 893-902.

2. **Aouari I, Gherbi A., 2014**. Distribution des nids d'hiver de la processionnaire *Thaumetopoeapityocampa* du pin d'Alep dans le reboisement du barrage vert d'El Hamel –région de Bou Saâda (M'sila). Mem. Master, Univ. Djelfa p 65 .

3. **Battisti, A., Stastny, M., Buffo, E. et Larsson, S., 2006**- A rapid altitudinal range expansion in the pine processionarymothproduced by the 2003 climaticanomaly. Global Change Biology, 12, pp : 662–671.

4. **Bertella N., 1987**. Bioécologie de *Thaumetopoeapityocampa* Schiff. (Lepidoptera, Thaumetopoeidae) dans quelques régions d'Algérie. Thèse magister Sci.Agr., Institut National Agronomique El-Harrach-Algérie, 110**.**

5. **Boege K., 2005**. Influence of plant ontogeny on compensation to leaf damage. Am. J. Bot. 92, pp: 1632-1640.

6. **Breuer M., Devkota B., Douma P E., Koutsaftikis A. Schmid T G H., 1989**. Studies on the exposition and temperature of nests of *Thaumetopoeapityocampa* (Den. & Schiff.) (Lep., Thaumetopoeidae) in Greece. Journal of AppliedEntomology, 107, 370-375.

7. **Dagnelie P., 2007.** Statistique théorique et appliquée : Statistique descriptive et bases de l'inférence statistique. Tome 1. Bruxelles, De Boeck et Larcier, 511 p.

8. **DemolinG.,1969.** Bioécologie de la processionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa* Incidencia de los factor es elimaticos.BolServ .Plagas Forest.23 :9-24.

9. **Duby, C., et Robin, S., (2006)**. Analyse en Composantes Principales. Ed. Inst. nati. agro. Paris, Grignon, 54 p.

10. **Geri C., 1984**. Distribution and evolution of populations of the pine processionary, *Thaumetopoeapityocampa* Schiff. (*Lepidoptera, Thaumetopoeidae*) dans les montagnes corses.ActaOecologica 4(3) : 247-268.

11. **Haukioja, E., 1990.** Induction of Defenses in Trees. AnnualReview of Entomology, 36, 25–42.

Références

12. **Hezil S., Chakali G., Battisti A., 2018**. Plant phenotype affects ovipositionbehaviour of pine processionarymoth and eggsurvival at the southernedge of its range, doi: 10.3832/ifor2675-011 vol. 11, pp. 572-576
13. **HodarJ.A., ZamoraR., CastroJ., et BarazaE., 2004**. Feast and famine: previous defoliation limit ingsurvival of pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* in Scots pine Pinus sylvestris. Acta Oecol. 26, pp : 203-210
14. **Karban R, Myers JH. (1989)** Induced plant responses to herbivory. Annual Review of Ecology and Systematics. 20 :331–348.
15. **Medhurst J.L., Battaglia M., Cherry M.L., Hunt M.A., White D.A., Beadle C.L**., 1999- Allometricrelationships for Eucalyptus nitens (Deane and Maiden) Maiden plantations. Trees, (14), pp : 91–101
16. **Nykanen H., &Koricheva J., 2004**- Damage-induced changes in woody plants and theireffects on insect herbivore performance, a meta-analysis. Oikos, 104, 247–268.
17. **Robinet C., Baier P., Penner-Storfer J., Schopf A., et Roques A., 2007**- Modellingtheeffects of climate change on thepotentialfeedingactivity of Thaumetopoeapityocampa (Den.& Schiff.) (Lep.,Notodontidae) . France. Global Ecology and Biogeography, vol. 16, n° 4, pp: 460-471
18. **Scriber, J. M. and F. Slansky, Jr., 1981**. The nutritionalecology of immature insects, Annu. Rev. Entomol. 26:183–211.
19. **Smits A., & Larsson S., 1999**- Effects of previousdefoliation on pine looperlarval performance. Agricultural and Forest Entomology, 1, 19–26. 170. Stastny M, Battisti A, Petrucoo ET, Schlyter F, Larsson S (2006). Host-plant use in the range expansion of the pine processionarymoth, *Thaumetopoeapityocampa*. EcologicalEntomology31: 481-490.
20. **Samalens J.C., 2009** -Stratégies d'échantillonnage des dommages forestiers à l'échelle du paysage : Application aux forêts cultivées de pin maritime (pinus pinaster, aït.). Thèse Doctrat. Univer. Bordeaux I. 12p.
21. **Schvester D., 1985**-les insectes et la forêt française. R.f.f. XXXVII - n°sp, p 46.
22. **Seigue A., 1985**-La forêt circum méditerranéenne et ses proplèmes.Ed.Maison neuve et larose. Paris.502p.
23. **Seltzer, P., 1946**- Le climat de l'Algérie .Travaux de l'institut de météorologie et de physique du globe de l'Algérie .université d'Alger 217p.
24. **Slocombe D.S., 1993**-Implementing ecosystem based management. Bio science43,

pp : 612-622.

25. **Souleres G., 1969** - Le pin d'Alep en Tunisie : Annales de l'Inst. Nat. Rech. Forest
26. .Tunisie. Vol 2. Fasc.126 p.
27. **Tahri S., 2013**-Importance et stratégie d'échantionnage des nids d'hiver de la processionnaire du pin dans la région d'El Bayadh. Mémoire. Master, Eco.Nat.Agr.uni El Harrache. Alger.
28. **Thibaut B., 1986**-Caractéristiques Technologiques du bois de pin D'Alep (Pinus halepensis Mill).le pin D'Alep et le pin brutia dans la sylviculture méditerranéenne. CIHEAM- options méditerranéennes, Paris, pp : 163-165.
29. **Vandenbrouck P., 2007**- La chenille processionnaire (Thaumetopoea pityocampa) sur l'ile de Porquerolles : Etat des connaissances et préconisations. Parc National de Port-Cros – Porquerolles, pp : 2-4.
30. **Wang X.R.,Tsumura Y.,Yoshimaru H.,Nagasaka K., etszmidt A.E.,1999**-phylogenetic relation ships of Eurasian pines (pinus,pinaceae)based on chloroplast rbcl,matkpll 20-rps18 spacer,and Trnv intron sequences American J Botany 86,pp :1742-1753.
31. **Zamoum M., 1987**-Bioécologie de la processionnaire du pin, Thaumetopoea pityocampa Schiff et techniques d'avertissement. Communication : Premières journées scientifiques du musée national de la nature, Alger, Algérie ; 6p.
32. **Zamoum M., Bensidi A., Tabet M., 1995**. Bioécologie et avertissement contre la processionnaire du pin dans le barrage vert, Document INRF ; 18p.
33. **Zamoum M., 1998.** Donnés 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 ; 247p.
34. **Zamoum M., Demolin G., 2002.** The pine processionary caterpillars life cycle, *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiffermuller (Lep., *Thaumetopoeidae)* in the bioclimatic conditions of a subsaharian région (Djelfa, Algeria). Comm.Symp.Internat.de Rabat(Maroc), du 6 au 11 mai 2002 ; 14p.