

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2018

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER
ACADEMIQUE

Domaine : SNV Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biodiversité et Environnement

Présenté par :

SAHNOUNE Fatima Sana & CHIBANE Mohand

Thème

La distribution des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin d'Alep *Thaumetopoea pityocampa* dans la région de Sour El Ghozlane.

Soutenu le : 30/ 06 / 2018

Devant le jury composé de :

<i>M. TAFER Mourad</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mme. MECELLEM Dalila</i>	<i>MCA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promoteur</i>
<i>Mme. BACHOUCHE Nassima</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>
<i>M. NAIT MESSAOUD Amar</i>	<i>Chef de</i>	<i>Conservation des forêts</i>	<i>Invité</i>
	<i>circonscription S.E.G</i>	<i>BOUIRA</i>	

Année Universitaire : 2017/2018

Remerciements

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

Nos profonds remerciements sont adressés à notre promotrice Mme. HOUASSINE-MECELLEM Dalila, enseignante à l'université de Bouira, d'avoir accepté de diriger notre travail avec beaucoup de compétence et d'efficacité.

Nous tenons à remercier sincèrement Mr. TAFER Mourad, enseignant à l'université de Bouira 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 Mme. BACHOUICHE-MESRANE Nassima enseignante à l'université de Bouira pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant d'examiner notre travail.

Nous adressons nos remerciements aux responsables de la Conservation des forêts de la wilaya de Bouira, et aux forestiers, en particulier ceux de la Circonscription des forêts de Sour El Ghozlane.

Que Monsieur BEN SOUIAH Omar, Conservateur des forêts de BOUIRA. Monsieur NAIT MESSOUD Amar, Chef de la Circonscription des forêts de Sour El Ghozlane, Mademoiselle MOUSSAOUI Jihane, et monsieur MAOUCHE Omar, trouvent nos sincères remerciements pour nous avoir facilité nos sorties au terrain.

Merci à Mr KADID Hamid sans lui ce travail n'aurait pas été effectué. Nous tenons surtout à le remercier pour son aide au terrain, pour sa disponibilité et ses précieux conseils et ses orientations.

Un grand Merci pour BOUTATA Thassaadit pour son assistance.

Un Grand Merci à tous nos enseignants pour leurs efforts puissants au cours de toutes ces années et nous leur exprimons toute notre gratitude pour leur aide.

Dédicaces

Tout en remerciant Allah le Tout Puissant, je dédie ce modeste travail à 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 mon Fils Mass Imaghras Hamza.

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

A ses parents et sa petit sœur Thassaadit.

A mes sœurs et frères

Mes dédicaces vont, exceptionnellement, à tous mes enseignants depuis le primaire, j'espère qu'ils pourront voire en moi un tant soit peu de leurs sacrifices et efforts.

A Monsieur le président de l'APC de Chorfa qui a été compréhensible et a su adapter son agenda pour me donner plus du temps à consacrer à la réalisation de ce mémoire.

A mes camarades de l'exécutif de l'assemblée communale de Chorfa et son secrétaire général.

A mes camarades de la section GACI Nadjib de chorfa.

A tous ce qui luttent honorablement pour toutes les causes justes.

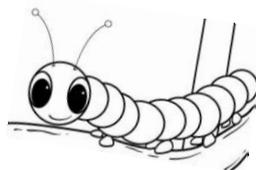
Aux forestiers qui continuent de croire même si les arbres de la foret qui poussent ne font pas de bruit comme ceux qui tombent.

A ma Binôme qui a insisté à le finir moi qui ai pris par d'autres obligations.

A mes camardes de la promotion.

A la mémoire de nos martyrs.

*« La forêt n'arrive plus à mettre un pin devant l'autre, les chenilles lui ont coupé l'herbe sous les pieds »
Thomas Duranteau, Processionnaires (2011)*





Dédicace

Je tiens d'abord à remercier ALLAH qui ma donné la force et le courage de pouvoir faire ce modeste travail

En premier lieu j'ai l'honneur de dédier ma petite famille :

- *Ma mère « SALIHA » la plus chère au monde qui me soutien, et qui m'encourage pendant toute ma vie et qui a fait preuve de beaucoup de patience, d'amour et de tendresse.*
- *Mon fils « TAHA » ma raison de vivre que sa présence dans ma vie m'allume le chemin de la réussite avec son chaud sourire*
- *Ma tante « ZAHIRA » ma deuxième mère qui m'inspire et me soutien et me donne le courage pour terminer mes études, sans oublier son mari tonton CHAABAN.*
- *Mes sœurs « SABRIN. SARRA. HADJER.HADJER » qui sont toujours à mes cotés tout le temps, merci beaucoup d'être avec moi mes chères*
- *Je tiens à remercier aussi Mr. DJOUMI Abdeljalil et Mr. LOUCIF Fares, Mr. KEZADRI Oualid, Mr. CHEDDANI Med Amine pour leur support, leurs conseils et leur aide.*
- *Mon binôme Mr. CHIBANE Mohand, je le remercie pour le partage de ses compétences avec moi.*
 - *Mes chères tantes et mes chères Oncles et leurs enfants.*

Que dieu les bénisse, les protège, les gardes en bonne santé pour moi Inchallah.

Et je remercie également mes chères amis et camarades :

<< LYNDA, ZAHRA, ASMAA, TOURKIA, NADJLA, KHAOULA, ZOHRA, LOUBNA OUALID, AMINE, MOHAND, RADJA >>

Et à ceux et celles qui m'ont soutenus et m'ont rendus service de près et de loin à la réalisation de ce travail et surtout mes chères enseignants :

Mme IKTITEN, Mr. TAFER, Mr. ARAB, Mr. HAMDANI, Mr. KADID, Mr. MAOUCHE et Mr. SAMET

Sahnoune Fatima Sana

Sommaire

Liste des Abréviations

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Introduction Générale _____ 01

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Première partie : Données sur le pin d'Alep

1.	Position systématique de l'espèce	03
2.	Description botanique	04
3.	Répartition géographique	07
3.1.	Dans le monde	07
3.2.	En Algérie	10
4.	Exigences écologiques de l'espèce	11
4.1.	Exigences climatiques	11
4.2.	Facteurs édaphiques	12
5.	Importance économique du pin d'Alep	13

Deuxième partie : données sur la processionnaire du pin d'Alep

1.	Position systématique de la processionnaire du pin dans le règne animal	14
2.	Comportement biologique de l'espèce	14
2.1.	La phase aérienne	15
2.1.1.	Les adultes	15
2.1.2.	La ponte	16
2.1.3.	Développement larvaire	17
2.1.4.	Structure du nid d'hiver	17
2.2.	Phase souterraine	18
2.2.1.	La nymphose	18
2.2.2.	La diapause	18
3.	Impact des facteurs écologiques sur la répartition de la processionnaire de pin	19
3.1.	La température	19
3.2.	Pluviométrie Altitude et latitude	20
3.3.	Photopériode	20
4.	Principales essences hôtes de l'insecte	21
5.	Importance des dégâts	21
5.1.	Conséquences écologiques	22

5.2.	Conséquences économiques	22
6.	Propriétés urticantes de l'insecte	22
7.	Principaux ennemis naturels	23
8.	Moyens de lutte	24
8.1.	Lutte mécanique	24
8.2.	Lutte biologique	25
8.3.	Lutte microbiologique	26
8.4.	Lutte avec des pièges à phéromone sexuels	26

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

Présentation de la zone d'étude

1.	Situation géographique de la wilaya de Bouira	28
2.	Localisation géographique de la commune de Sour El Ghozlane	29
3.	Le relief	30
4.	Facteurs climatiques	30
4.1.	Vent	30
4.2.	Les précipitations	31
4.3.	Les précipitations	32
4.4.	Température	34
5.	Synthèse climatique	34
5.1.	Diagramme Ombrothermique de Bagnauls Et Gaussens	34
5.2.	Quotient pluviothermique d'Amberger	35
6.	Factures biotiques	36
6.1.	Couvert végétal	36
6.2.	Faune et Flore	37
6.2.1.	Flore	37
7.	Sites d'étude	37
7.1.	Description du premier site	38
7.2.	Description du deuxième site	39

EXPERIMENTATION

1.	Dénombrement des nids d'hiver de la processionnaire du pin	40
2.	Méthodes d'analyse statistique	42
2.1	Analyse descriptive	42
2.2	Distribution fréquentielle	42
2.3	Analyse de la variance (ANOVA)	42
2.4	Analyse croisée	42

1. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver des stations 03 et 04 (variable étudiée : L'altitude) _____	42
1.1. Analyse descriptives des résultats obtenus _____	42
1.2. Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver (variable étudiée : altitude) _____	43
1.3. Analyse fréquentielle des effectifs des nids d'hiver _____	43
2. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver dans la Station N° 01 Dalbi nord et la Station 02 Dalbi sud (variable étudiée : Exposition : Sud et Nord) _____	46
2.1. Analyse descriptives des résultats obtenus _____	46
2.2. Analyse fréquentielle des effectifs des nids d'hiver _____	47
3. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver (variable étudiée hauteur des arbres) _____	48
3.1 Analyse descriptives des résultats obtenus _____	48
3.2 Analyse fréquentielle des résultats obtenus _____	49
3.3 Evolution du nombre des nids dénombrés sur les trois niveaux de l'arbre en fonction des hauteurs d'arbres. (Station 03 et 04) _____	51
3.4 Evolution du nombre des nids dénombrés sur les niveaux sur les quatre niveaux d'exposition de l'arbre en fonction des hauteurs d'arbres. (Station 03 et 04) _____	53
3.5 Evolution du nombre des nids dénombrés sur les trois niveaux de l'arbre en fonction des hauteurs d'arbres. (Station 01 et 02) _____	54
3.6 Evolution du nombre des nids dénombrés sur les niveaux sur les quatre niveaux d'exposition de l'arbre en fonction des hauteurs d'arbres. (Station 01 et 02) _____	55
4. Relation entre le nombre de nids d'hiver et la hauteur des arbres _____	56
5. Répartition des nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre _____	58
5.1 Analyse descriptive des résultats des comptages des nids _____	58
5.2 Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre _____	59
6. Répartition des nids d'hiver en fonction de leur position cardinale sur l'arbre _____	60
6.1 Analyse descriptive des résultats des comptages des nids _____	60
6.2 Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver _____	61
7. Distribution hiérarchique des variables étudiées _____	63
Conclusion _____	64

Référence bibliographiques

Résumé

Liste des Abréviations

D.S.A : Direction des Services Agricoles.

FNUF : Forum des Nations Unis sur les Forêts.

DGF : Direction Générale des Forets.

% : pourcent.

C° : degré Celsius.

T.min : Température Minimale.

T.max : Température Maximale.

T.moy : Température Moyenne.

P : Précipitation.

Q2 : Quotient pluviométrique

mm : millimètre.

L1 : stade larvaire 1.

L2 : stade larvaire 2.

L3 : stade larvaire 3.

L4 : stade larvaire 4.

L5 : stade larvaire 5.

Bt : *Bacillus thuringiensis*.

ANOVA : Analyse of Variance.

P : probabilité.

F : Fréquence

N : nord.

S : sud.

E : est.

W : ouest

Liste des figures

N° de Page

Figure N° 01: L'écorce du pin d'Alep.	04
Figure N°02 : Les rameaux du pin d'Alep.....	04
Figure N°03 : Les feuilles du pin d'Alep.	05
Figure N°04 : La fleur du pin d'Alep.	05
Figure N°05 : Cône du pin d'Alep.	05
Figure N°06 : Cône ouverte du pin d'Alep.	06
Figure N°07 : Les grains du pin d'Alep.	06
Figure N°08 : Le bois du pin d'Alep.	06
Figure N°09 : La résine du pin d'Alep.	07
Figure N° 10: Aire de répartition du <i>Pinus halpensis</i> Mill dans le monde.....	07
Figure N°11: Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie.....	10
Figure 12: Cycle de développement de la processionnaire du pin <i>Thaumetopoea pityocampa</i>	15
Figure 13 : Accouplement des papillons de processionnaires du pin.	16
Figure 14 : Ponte de la processionnaire sur pin.....	16
Figure 15 : (a) Début de construction du nid d'hiver sur pin d'Alep par les chenilles du troisième stade larvaire. (b) Exemples de nids d'hiver sur le Pin d'Alep à Sour El Ghozlane.	15
Figure 16 : Chrysalide de la chenille processionnaire du pin.	18
Figure 17 : Défoliation d'un Pin d'Alep à Sour El Ghozlane.	21
Figure18 : poils urticants Localisation des « miroirs » des chenilles processionnaires du pin.	23
Figure 19 : Complexe prédateurs - parasites de la chenille processionnaire du pin.	23
Figure 20 : Echenilloir	24
Figure 21 : Piégeage des chenilles lors de la nymphose.	25
Figure 22 : Prédation par les mésanges	26
Figure 23 : Résultats expérimentaux des tests comparatifs des pièges à phéromones.	27
Figure 24 : Carte des communes de la wilaya de Bouira.	28
Figure 25 : Délimitation de la zone de Sour El Ghozlane.	29
Figure 26 : Variation moyenne interannuelle de la vitesse du vent (1996-2010).	30
Figure 27 : Moyennes annuelles des précipitations (1996-2010).	30
Figure 28 : Moyenne des températures interannuelles maximales (1996-2010).	31
Figure 29: Moyenne des températures interannuelles minimales (1996-2010).	32
Figure 30: Les températures moyennes interannuelles (1996-2010).	32

Figure 31 : Diagramme ombrothermique de la wilaya Bouira (1996-2010).....	33
Figure 32 : Diagramme d'Amberger de la région de Bouira (1996-2010).....	35
Figure 33 . (a) (b) vue générale du versant Sud.....	37
Figure 34 : (a) (b) vue générale du versant Nord.	38
Figure36 : Vue générale de Djbel Atach bas (Bordj khris).	38
Figure 35 : Vue générale de Djbel Atach haut (Bordj khris).	38
Figure 37 : carte d'échantillonnage des nids d'hiver de la processionnaire du Pin d'Alep (DALBI Sour El Ghozlane)	39
Figure 38 : Carte d'échantillonnage des nids d'hiver de la processionnaire du Pin d'Alep (Djbel atach)....	40
Figure 39 : matériels utilisés dans la détermination du nombre, l'exposition des nids et la mesure de la hauteur des arbres.	40
Figure 40 . Comparaison des moyennes des nombres des nids par arbre dans les stations prospectées en fonction de l'altitude.	43
Figure 41 . Analyse fréquentielle de nombre des nids dans la station 03.....	45
Figure 42 . Analyse fréquentielle de nombre des nids dans la station 04.....	45
Figure 43 : Pourcentage des fréquences d'observation par apport au nombre de nids station 03.	45
Figure 44 : Pourcentage des fréquences d'observation par apport au nombre de nids station 04.	45
Figure 45 : Pourcentage des fréquences d'observation par apport au nombre de nids station 01.	48
Figure 46 : Pourcentage des fréquences d'observation par apport au nombre de nids station 02.	48
Figure 47 : Variation du nombre des nids selon leur position par apport à la hauteur des arbres.	52
Figure 48 : Variation du nombre des nids selon leur exposition par apport à la hauteur des arbres.....	53
Figure 49 : Variation du nombre des nids selon leur position par apport à la hauteur des arbres.....	54
Figure 50 : Variation du nombre des nids selon leur exposition par apport à la hauteur des arbres.....	55
Figure 51 : Distribution du nombre nids en fonction de la hauteur des arbres. Station 01.	56
Figure 52 : Distribution du nombre nids en fonction de la hauteur des arbres. Station 02.	56
Figure 53 : Distribution du nombre nids en fonction de la hauteur des arbres. Station 03.	57
Figure 54 : Distribution du nombre nids en fonction de la hauteur des arbres. Station 04.	57
Figure 55 : Nombre de nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre dans la station 01.	58
Figure 56 : Nombre de nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre dans la station 02.	58
Figure 57 : Nombre de nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre dans la station 03.	59
Figure 58 : Nombre de nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre dans la station 04.	59
Figure 59 : Distribution des nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre Station 03.	59

Figure 60 : Distribution des nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre Station 04.	59
Figure 61 : Nombre de nids d'hiver en fonction de leur exposition sur l'arbre dans la station 01.	61
Figure 62 : Nombre de nids d'hiver en fonction de leur exposition sur l'arbre dans la station 02.	61
Figure 63 : Nombre de nids d'hiver en fonction de leur exposition sur l'arbre dans la station 03.	61
Figure 64 : Nombre de nids d'hiver en fonction de leur exposition sur l'arbre dans la station 04.	61
Figure 65 : Distribution des nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre Station 03.	62
Figure 66 : Distribution des nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre Station 04.	62
Figure 67 : Classification hiérarchique des variables liés au nombre de nids dans les stations 01 et 02. ...	63
Figure 68 : Classification hiérarchique des variables liés au nombre de nids dans les stations 03 et 04. ...	63

Liste des Tableaux

N° page

Tableau 01 : Superficies occupé par le pin d'Alep dans quelques pays du monde.	09
Tableau 02 : Caractéristiques générales des sites de l'étude. 37	
Tableau 03 : Analyse descriptive des résultats des comptages des nids (position dans l'arbre)	42
Tableau 04 . Synthèse de l'analyse fréquentielle des nombres des nids d'hiver.	44
Tableau 05 : Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés dans les stations N°01 et 02.	46
Tableau 06 . Synthèse de l'analyse fréquentielle des nombres des nids d'hiver (Station 01 et 02).	47
Tableau 07 : Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés.	49
Tableau 08 : Synthèse de l'analyse fréquentielle des effectifs des nids dénombrés dans les stations N°01 et 02 (Exposition Nord et Sud) par apport à la hauteur des arbres.	50
Tableau 09 : Analyse fréquentielle des effectifs des nids dénombrés dans les stations N°03 et 04 (Basse et Haute Altitude) par apport à la hauteur des arbres.....	51
Tableau 10 : Analyse descriptive des résultats des comptages des nids (niveau d'arbre)	58
Tableau 11 : Analyse descriptive des résultats des comptages des nids (position dans l'arbre).	60

Introduction Générale

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 que 1,3 millions d'ha, le reste étant constitué de maquis et de garrigues et les terres improductives 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 à 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 par 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

répartition est en synchronisation avec l'évolution du climat (Rousselet, 2011). par leur voracité alimentaire des aiguilles, les chenilles entraînent 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 Sour El Ghozlane, 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

Première partie : 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 tendance à 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 assez étalées.

Les arbres jeunes sont de forme assez régulière, les plus âgés sont dégarnis à la base, ont un houppier 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 la figure(01).



Figure N°02 : Les rameaux du pin d'Alep.

(Photo : Liliane ROUBAUDI. 2017)



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. Figure (02)

Les bourgeons sont non résineux, ovoïdes, aigus, bruns avec des écailles libres frangées de blanc (Kadik, 1987 ; In Boutchiche Et Boutrigue, 2016).

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°03 : Les feuilles du pin d'Alep.

(Photo : Mathieu MENAND. 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°04 : La fleur du pin d'Alep.

(Photo : Liliane ROUBAUDI. 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 réfléchis.



Figure N°05 : Cône du pin d'Alep.

(Photo : Genevieve BOTTI. 2017)

Les cônes sont pourpres puis 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)



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°07 : Les grains du pin d'Alep.

(Photo : Liliane ROUBAUDI. 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 trachéïdes horizontales. Figure(08) (Kadik, 1987 ; Bouguenna, 2011).



Figure N°08 : Le bois 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 appelée Gemmage. 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 la cicatrisation 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).



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

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 particulier par Nahal en 1962.

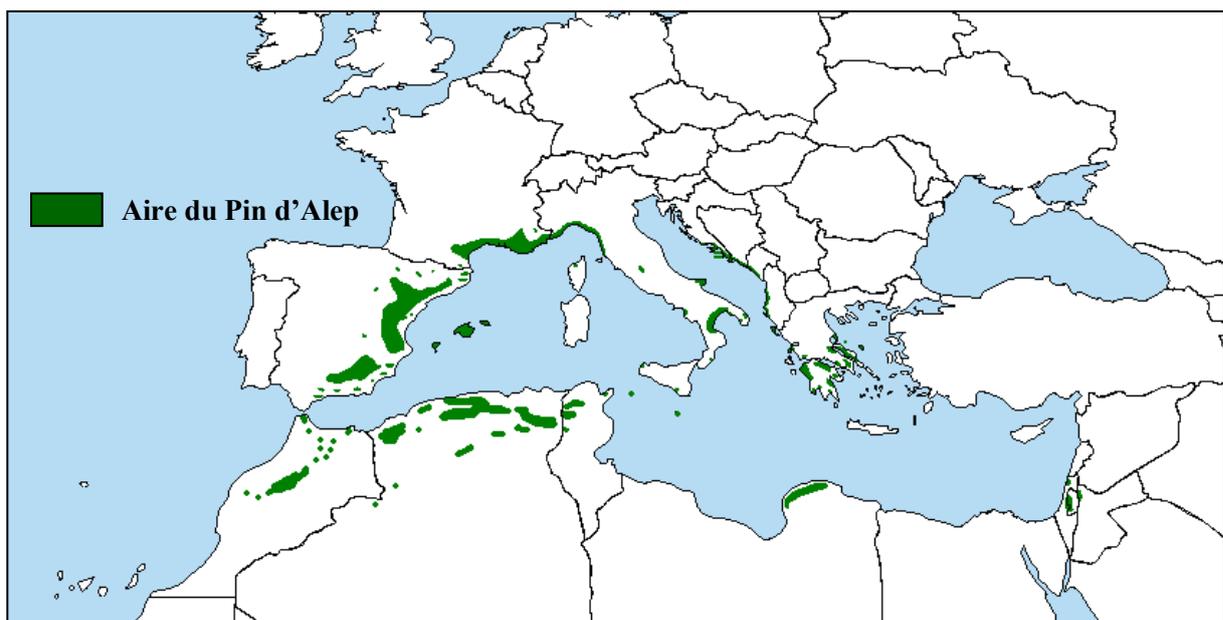


Figure N° 10: Aire de répartition du *Pinus halepensis* Mill dans le monde (Quézel, 1980).

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'exception cependant 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% de la 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 de Murcie ; 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 dans la 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 cantonnés essentiellement 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 où les peuplements de pin d'Alep représentent une superficie importante de 330.000 hectares.

Tableau N°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).

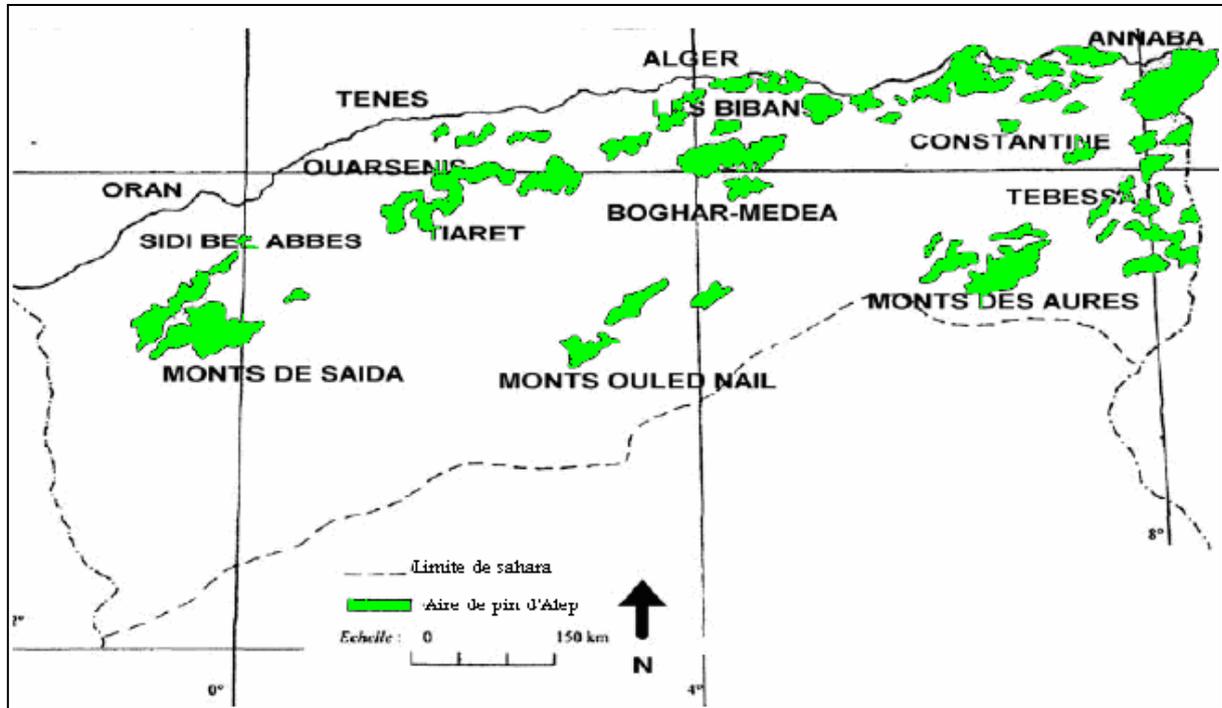


Figure N°11: Aire de répartition naturelle du pin d'Alep en Algérie. (Seigue 1985)

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) (Medea Boghar, Monts de Bibans, Monts des Ouled Nail), (Quezel et Barbero, 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 héliophile 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 sauf si 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 que la 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).

4.2. 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 est indifférent 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, il colonise les sols de texture sablo-limoneuse à limono-sableuse (Kadik, 1984 ; Laleg, 2017).

5. 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'étagage 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 médicaux (Kadik, 1987 ; Laleg, 2017).

En outre, Ses bourgeons très résineux, sont utilisés comme balsamiques et diurétique (sirops et pastilles) et du goudron de Norvège, à propriétés balsamiques et antiseptiques est extrait, par distillation, à partir du bois du pin d'Alep (Taibi et Ziani, 2017).

En fin, Les graines de pin (Les pignons) sont comestibles et utilisées en pâtisserie et confiserie ou peuvent être mangées crues en cassant leur coque (Taibi et Ziani, 2017).

Deuxième partie : 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 Schiffermüller 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, prénymphe et nymphe (Carcanague, 2017).

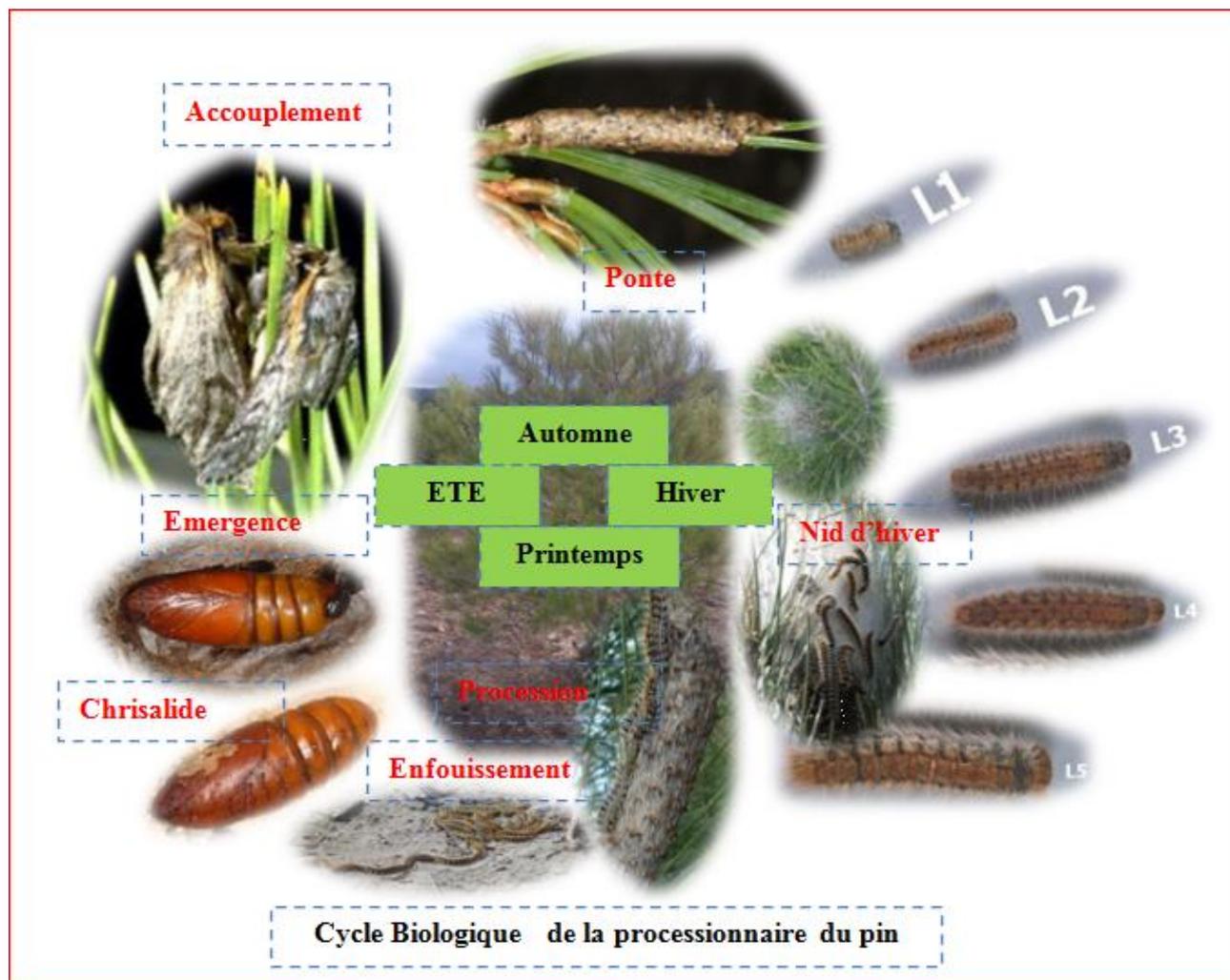


Figure 12: Cycle de développement de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa*

2.1. 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).

2.1.1. 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 13 : Accouplement des papillons de processionnaires du pin
(Martin, 2005, Photo Démolin G.)

2.1.2. 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 beige clair, 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 (14) (Rivière. 2011).



Figure 14 : Ponte de la processionnaire sur pin.

2.1.3. 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 de novembre 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.

2.1.4. 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, 2017)

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

Au fur et à mesure de l'épuisement de la nourriture, elles s'éloignent progressivement de leur 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 et 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).

2.2. 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 élevée 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).

2.2.1. 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 des chenilles dans le sol (Martin, 2005).

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



Figure 16 : Chrysalide de la chenille processionnaire du pin.

2.2.2. 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 ralentir la 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 différents 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 (Démolin, 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 de cèdre. 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, 2018)

Figure 17 : Défoliation d'un Pin d'Alep à Sour El Ghozlane.

5.1. 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).

5.2. 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 chenilles processionnaires 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).

6. Propriétés urticantes de l'insecte

La chenille processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* fait partie des cinq espèces de chenilles urticantes présentes dans le bassin méditerranéen, les quatre autres étant la chenille *Thaumetopoea pinivora*, la chenille processionnaire du chêne *Thaumetopoea processioneae*, le Bombyx cul-brun *Euproctis chrysa* et 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 mm² 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).



Figure18 : poils urticants Localisation des « miroirs » des chenilles processionnaires du pin (Martin, 2005, Photo Démolin)

7. 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).

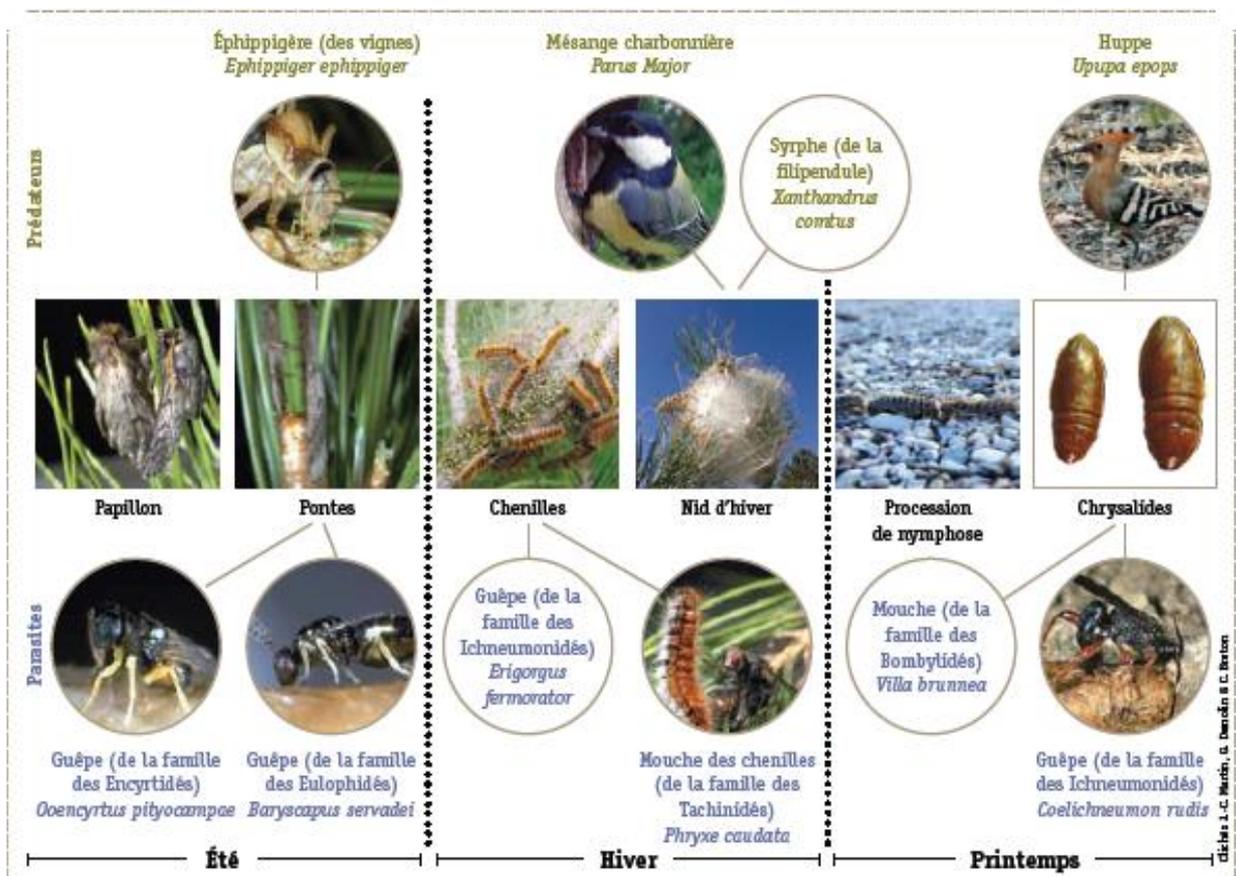


Figure 19 : Complexe prédateurs - parasites de la chenille processionnaire du pin (Bonnet *et al.*, 2008)

8. 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.

8.1. Lutte mécanique

La lutte mécanique consiste à prélever et détruire manuellement les nids de processionnaires du 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 20 : Echenilloir à gauche (K3D Lyon Chenilles)

Aussi, on peut considérer comme lutte mécanique 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. Afin de tuer les chenilles capturées.



Figure 21 : 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).

8.2. 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 22 : Prédation par les mésanges (Martin et Pesme-Glemin, 2010)

8.3. 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 lutte chimique (Martin & Brinquin, 2016, 2017).

8.4. 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 ptyolure qui est recrée artificiellement est utilisée par diffusion à l'intérieur de pièges 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 23 : Résultats expérimentaux des tests comparatifs des pièges à phéromones (Martin et Bonnet, 2008)

Chapitre 02 : Matériel et méthodes

1. Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude est située dans la wilaya de Bouira, elle est représentée par deux sites, «djebel Dalbi», dans la commune de sour el ghozlane et « Djbel atach » dans la commune de bordj oukhriss dans la wiaya de Bouira.

- **Organisation administrative**

Issue de découpage administratif institue par ordonnance N° 74/69 du Juillet 1974, relative à la refonte de l'organisation territoriale des wilayas, elle se subdivise en 12 Daïras et 45 communes (DSA, 2010) (Figure 24).



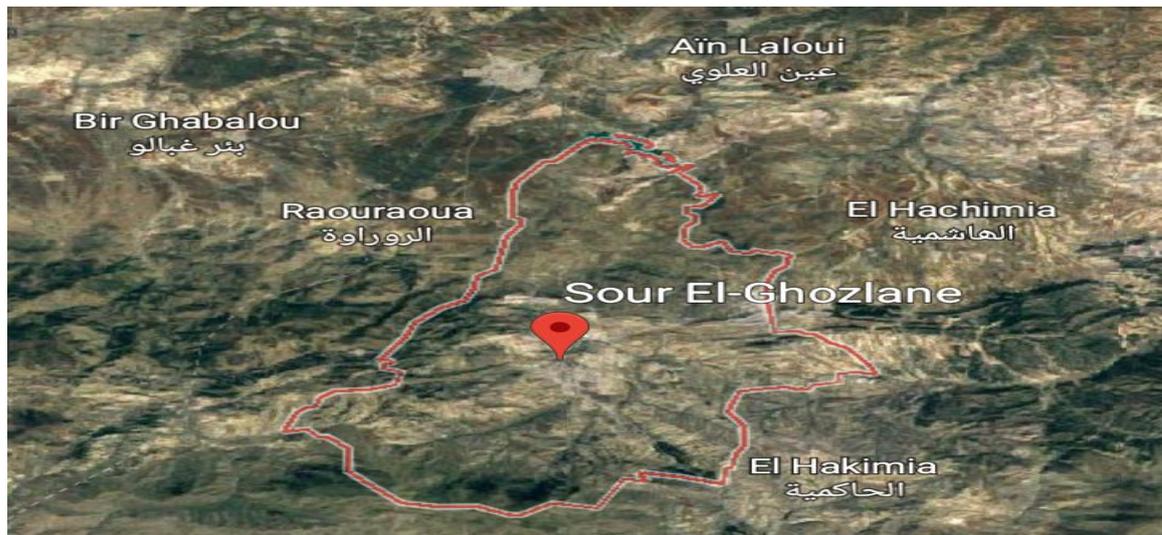
Figure 24 : Carte des communes de la wilaya de Bouira.

2. Localisation géographique de la commune de Sour El Ghozlane.

Sour El Ghozlane est située au Sud-est D'alger sur la route de Bou Saada. A 150Km de chacune des ces deux villes et à 30 Km de Bouira, son chef-lieu de wilaya. Elle est limitée :

- Au Nord par la commune de Raouraoua, Ain Bessem et Ain Aloui.
- Au sud par les communes de Maamora et Dirah.
- A l'ouest par la commune de dechmia.
- A l'est par les communes d'el hachimia et elmorra.

La commune de Sour El Ghozlane s'étend sur une superficie de 18244,5 Ha, elle englobe une population de 50120 habitants figure (25) (DSA ,2010) .



(Google Maps)

Figure 25 : Délimitation de la zone de Sour El Ghozlane

3. Le relief

La région de Sour El Ghozlane est l'ensemble des irrégularités du sol, qui se mesurent par rapport au niveau de la mer, il est la résultante de deux composantes l'altitude et de la pente. C'est un facteur déterminant dans l'aménagement du territoire à double titre, l'implantation de l'homme et ces activités.

La commune de Sour El Ghozlane présente d'une manière générale un relief montagneux entrecoupé par de vastes dépressions. Elle fait partie de la zone montagneuse de djebel dirah, qui appartient à la chaîne montagneuse tellienne s'étendant d'ouest en est de l'ouarsenis aux bibans. (Zergane ,2011).

4. Facteurs climatiques

Le climat est un facteur déterminant de premier ordre pour une approche du milieu. C'est un ensemble de phénomènes météorologiques qui sont principalement la température, les précipitations et les vents. (Benmansour, 2008).

Compte tenu de l'absence de station météorologique propre à la commune de Sour El Ghozlane, les caractéristiques du climat sont établies à partir de l'exploitation des données fournies par ONM (Office National de la Météorologie) sur la wilaya de Bouira.

4.1. Vent

Les effets du vent sont partout sensibles et se traduisent par le transport, la corrosion et le polissage des roches et surtout l'accentuation de l'évaporation (Monod, 1992). La variation interannuelle de la vitesse du vent durant la période (1996-2010) est présentée dans la figure (26).

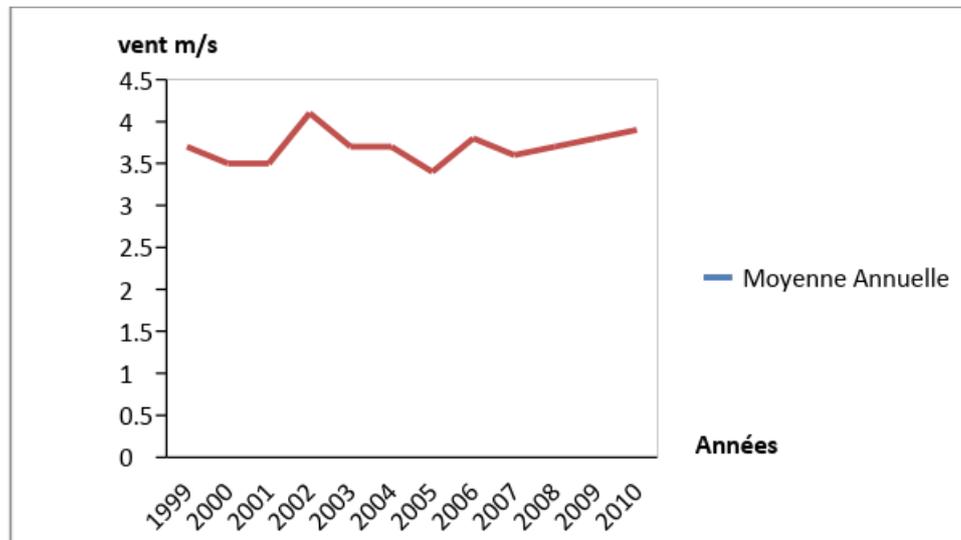


Figure 26 : Variation moyenne interannuelle de la vitesse du vent (1996-2010).

D'après la figure (26) sur la période considérée (1996-2010) il est à noter qu'il n'existe pas une grande variation annuelle durant cette période, une vitesse maximale a été enregistrée pendant l'année 2002 (4,1 m/s) et une vitesse minimale de (3,4 m/s) en 2005.

4.2. Les précipitations

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale pour la répartition des écosystèmes terrestres (Ramade, 1984). Ce même auteur souligne qu'on distingue sous le terme général de pluviométrie la quantité globale des précipitations telles que la pluie, la grêle et la neige, elle est concentrée sur la période froide ou relativement froide. La pluviométrie de Bouira varie d'une année à l'autre, avec des rythmes méditerranéens caractérisés par une double irrégularité annuelle et inter-annuelle (Mutin, 1977). Moyennes annuelles de précipitations durant la période (1996-2010) sont présentées dans la figure (27).

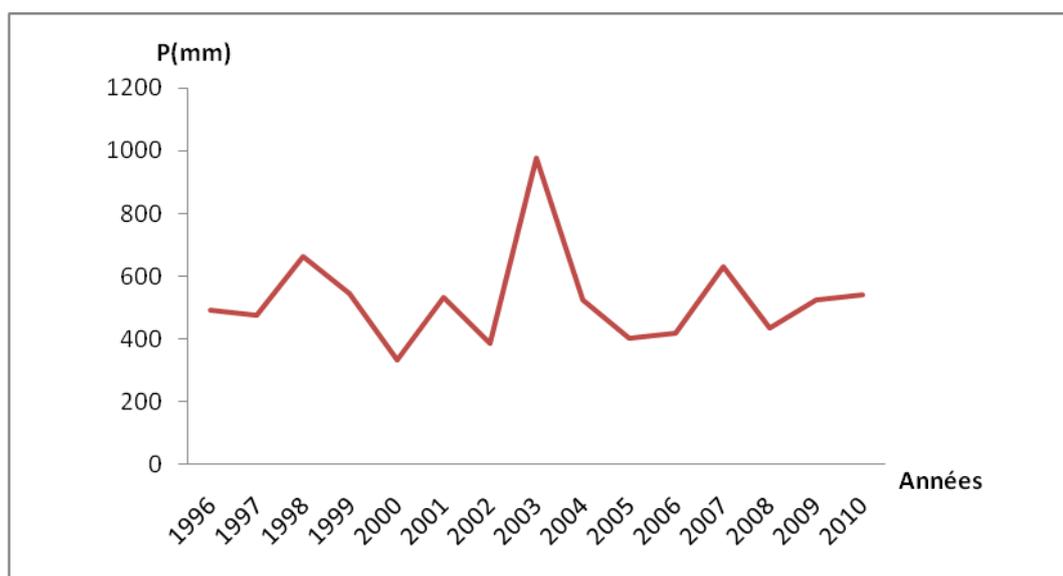


Figure 27 : Moyennes annuelles des précipitations (1996-2010).

Le régime pluviométrique de la zone d'étude est caractérisé par une grande variabilité, avec une tendance d'augmentation des totaux annuels des précipitations durant l'année 2003 où elles ont atteint les 975.8 mm et une diminution durant l'année 2000, où on a enregistré 333.4 mm.

En plus de l'insuffisance des précipitations annuelles, ce type de climat se caractérise généralement par :

Une répartition mensuelle et saisonnière des précipitations très irrégulière.

*Des précipitations souvent à caractère orageux.

*Des périodes sèches assez fréquentes et prolongées : février/ mars, juin/juillet/aout, et octobre.

*Des gelées hivernales qui se prolongent jusqu'au printemps.

En effet, Le climat de la commune est de type semi-aride, soumis à de sensibles variations annuelles et mensuelles de la pluviométrie (Zergane ,2011).

4.3. Température

La température est l'élément du climat le plus important (Dajoz, 1996).

Selon Ramade (1984), la température représente un facteur limitant de toute première importance, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et gouverne les répartitions potentielles des espèces dans l'écosystème. Moyenne des températures interannuelles maximales, minimales et moyennes de la période (1996-2010) sont présentées dans les figures (27) (29) (30).

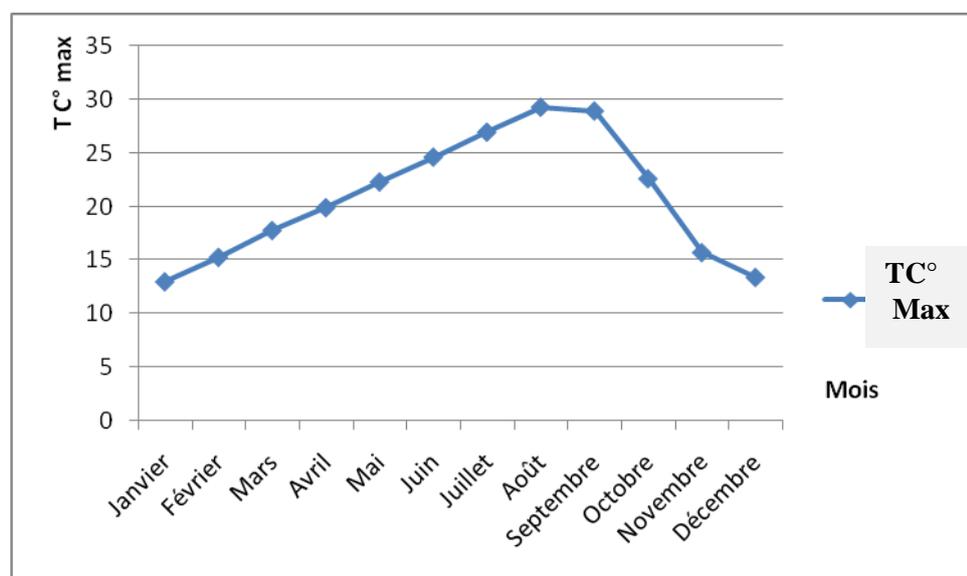


Figure 28 : Moyenne des températures interannuelles maximales (1996-2010).

La figure (28) montre que le mois d'Aout est marqué comme le mois le plus chaud durant les années d'étude qui s'étendent de (1996-2010).

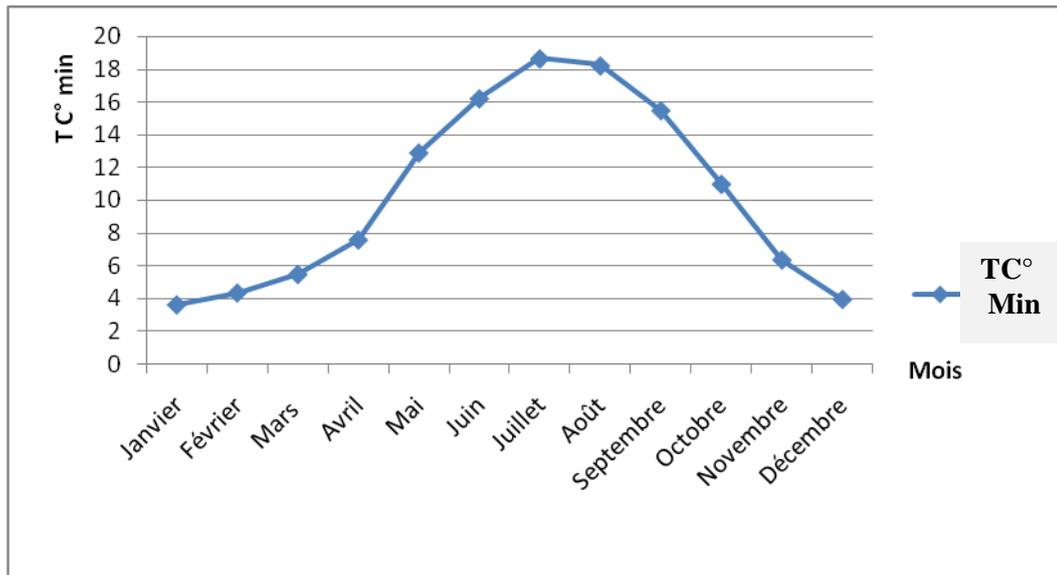


Figure 29: Moyenne des températures interannuelles minimales (1996-2010).

La figure (29) montre que le mois de Janvier est recensé comme le mois le plus froid avec une valeur de 3.64c° durant les années d'étude qui s'étendent sur 15 ans (1996-2010).

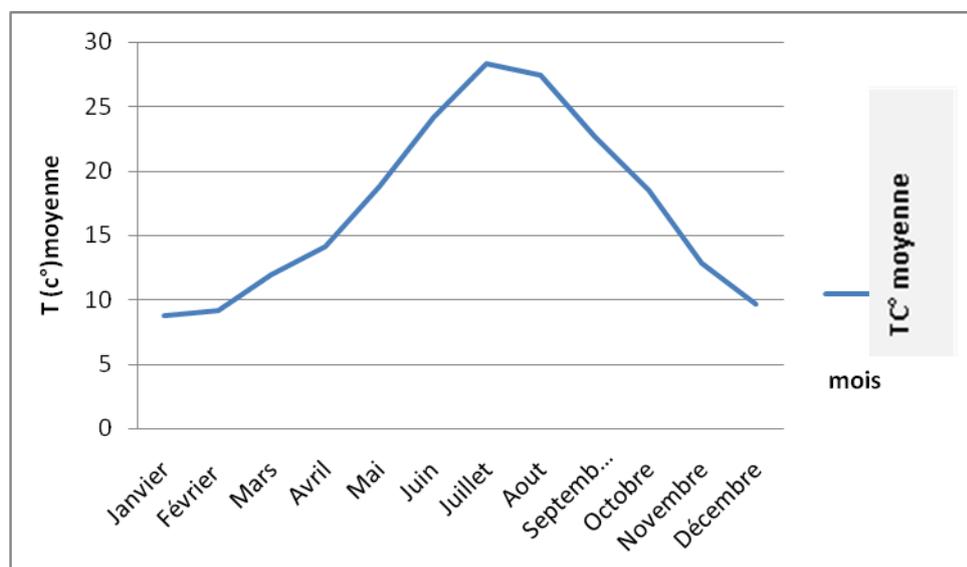


Figure 30: Les températures moyennes interannuelles (1996-2010).

Durant les années (1996-2010) on a constaté que le mois le plus froid est Janvier avec une moyenne de 8.72C° par contre le mois le plus chaud est juillet avec 28.32 C°.

5. Synthèse climatique

Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres. Pour en tenir compte, divers indices ont été proposés. Les plus employés font intervenir la température et la pluviosité, étant les facteurs les mieux connus et les plus importants, car ils permettant de définir les limites climatiques d'une espèce donnée (Lebertion, 1978) et (Dajoz, 1996).

Afin de caractériser notre zone d'étude sur le plan bioclimatique, nous avons considéré, le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953) et le quotient pluviothermique d'Amberger (1930).

5.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls Et Gausson

Bagnouls et Gausson (1953) considèrent qu'un mois est sec si le total des précipitations est inférieur ou égal au double de la moyenne des températures. $P \leq 2T$.

Pour déterminer la période sèche de notre zone d'étude on a établi ce diagramme ombrothermique illustré dans la figure (31)

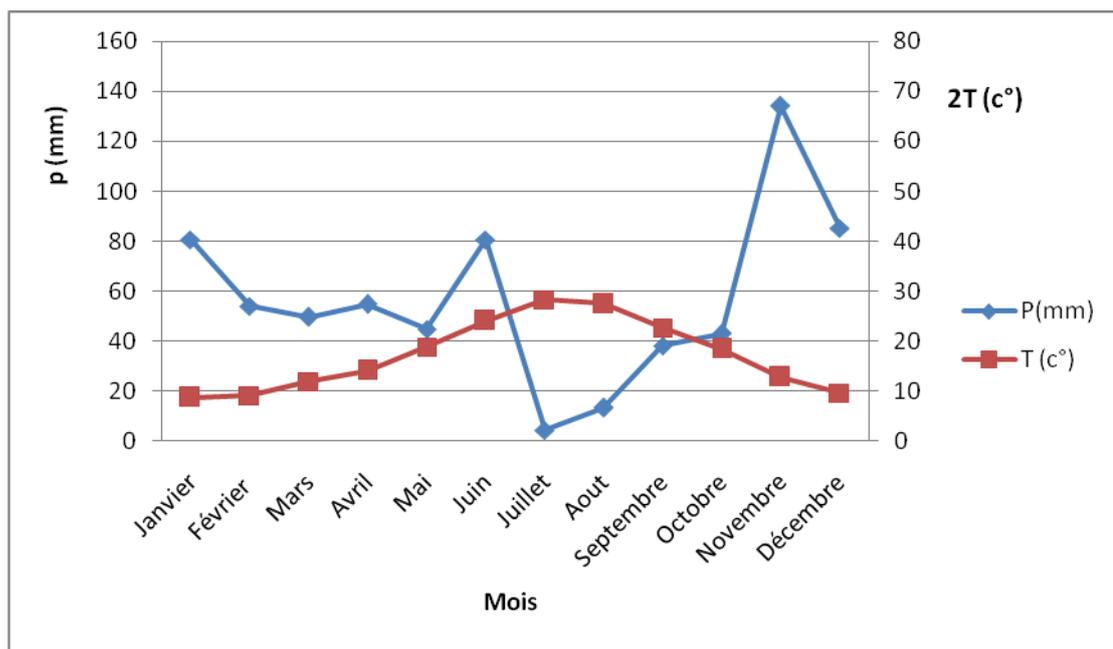


Figure 31 : Diagramme ombrothermique de la wilaya Bouira (1996-2010).

Le diagramme ombrothermique de la région de Bouira figure (31), montre l'existence de deux périodes, l'une humide qui s'étale sur 8 mois de octobre jusqu'au mois de mai. La saison sèche dure près de 4 mois. Elle va de mois de juin au mois de septembre pendant la période (1996-2010).

5.2. Quotient pluviométrique d'Amberger

Pour définir les divers types de bioclimat de la région méditerranéenne, Amberger (1933-1955) a proposé la formule suivante :

$$\bullet \quad Q_2 = 3.43 P / (M - m)$$

Q₂ : Quotient pluviométrique d'Amberger

P : somme des précipitations de l'année prise en considération.

M : moyenne des maxima de température du mois le plus chaud exprimée en degrés Celsius.

m : moyenne des minima de température du mois le plus froid exprimée en degrés Celsius.

Application numérique :

$$Q_2 = 3.43 * 525.48 / (29.26 - 3.64)$$

$$Q_2 = 70.35$$

Amberger, en conjuguant le quotient pluviométrique « Q₂ » avec « m » a construit un climagramme avec « Q₂ » en ordonnée et « m » en abscisse (figure 32). Ceci nous a permis de localiser notre région d'étude sur ce climagramme.

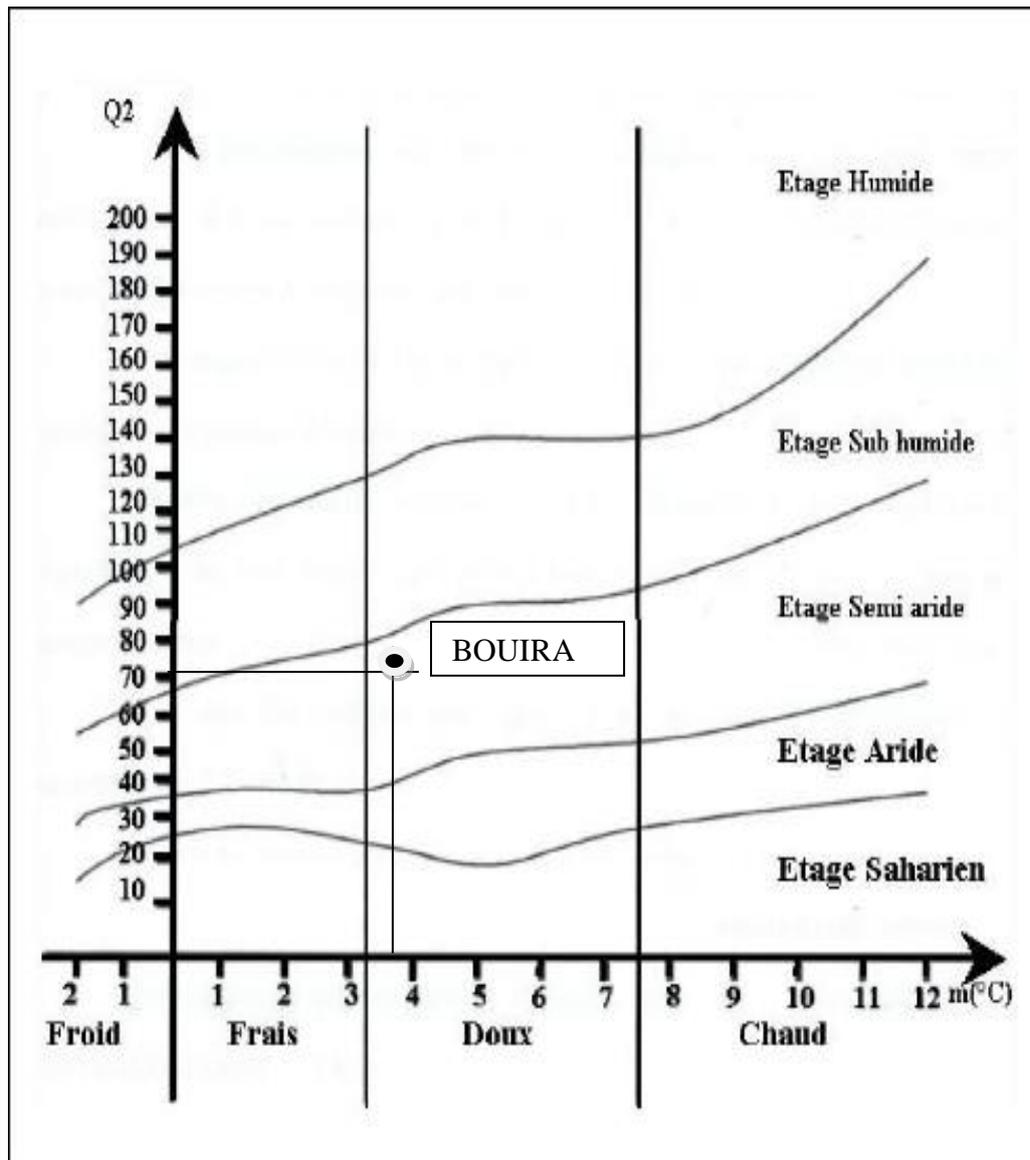


Figure 32: Diagramme d'Amberger de la région de Bouira (1996-2010)

La valeur de Q2 de la région de Bouira est égale à 70.36 avec une température minimale égale à 3.64 °C ce qui indique que cette région appartient à l'étage bioclimatique semi-aride à hiver Doux.

6. Factures biotiques

6.1. Couvert végétal

Les formations végétales qui prédominent, sont celles qui protègent les sols forestiers (Maquis et Broussailles). Ce type de végétation forme le cortège floristique des quatre espèces forestières principales de la région; Chêne Liège, Pin d'Alep, et à un degré moindre le Thuya et L'Eucalyptus, Ces formation végétales demeurent très sensibles aux feux (Alouache, 2013).

Principales essences :

-Chêne liège : 2138Ha

- Pin d'Alep: 1046Ha
- Eucalyptus: 481Ha
- Thuya: 65Ha
- Autres (peuplier, orme et frêne): 10Ha

6.2. Faune et Flore

6.2.1. Flore

D'après Quezel et Santa (1962), la flore du Djurdjura comprend près de 1100 espèces végétales regroupées en 84 familles:

- * 90 espèces de champignons,
- * 52 espèces de lichens
- * 111 espèces médicinales Parmi les 4 stations végétales déterminées deux sont dans la région de Tikjda.
- * Station à Juniperus Sabine (Genevrier Sabine) à l'Akouker
- * Station à Pinus nigra mauritanica (pin noir).

6.2.2. Faune

- *Mammifères : 29 espèces ont été recensées dont plusieurs ont disparu.
- *Oiseaux : 121 espèces recensées

On retrouve aussi des reptiles, des batraciens, des mollusques....

6.2.3. Sols

Les sols sont plus au moins calcaires dans les zones montagneuses et argileuses dans les plaines. Suivant leur structure Agro-pédologique nous distinguons trois catégories principales de sol qui sont selon Alouache en 2013 :

- *Les sols fertiles à haut rendement agricole formant les plaines du littoral dont une partie est souvent marécageuse (bordures des oueds).
- *Les sols cultivables mais parfois, accidentés et exposés à l'érosion, propices à la pratique des céréalicultures et de l'arboriculture rustique au niveau des pieds monts.
- *Les sols pratiquement incultes formant les massifs montagneux rocaillieux accidentés et recouvertes de végétation forestière.

7. 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 02 : Caractéristiques générales des sites d'étude

Stations	Type de forets	Etage bioclimatique	Altitude (m)	Latitude Nord	Longitude Est	Superficies (hectares)
Dalbi NORD	Reboisement de Pin d'Alep	Semi aride	941	36°10'24.59" N	3°43'0.12"E	15
Dalbi SUD	Reboisement de Pin d'Alep	Semi aride	949	36°10'14.26" N	3°43'33.67"E	11
Djbel atach haut	Reboisement de Pin d'Alep	Semi aride	968	36°2'41.15'' N	3°59'19.47''E	9.5
Djbel atach bas	Reboisement de Pin d'Alep	Semi aride	850	36°2'46.41'' N	3°59'29.79''E	13

7.1. Description du premier site

L'opération du reboisement menée dans la commune de Sour El Ghozlane a été réalisée dans le cadre du programme sectoriel de reboisement en 1988. Le site d'étude, tel que l'illustre la figure (33) et (34), faisant partie des zones reboisées de la commune, est un relief saillant sous forme d'un massif montagneux morcelé aux deux versants à exposition Nord et Sud. L'altitude culmine à une valeur de 950 m. Le versant Sud s'étale sur une surface qui avoisine les 11 hectares, quant au versant Nord sa surface dépasse les 15 hectares. Ces deux versants sont occupés principalement par un peuplement de Pin d'Alep avec un cortège floristique qui se compose de plusieurs type de végétaux comme « le Genévrier Oxicèdre , chêne vert, l'Oliastre, Retam, Diss ... ».

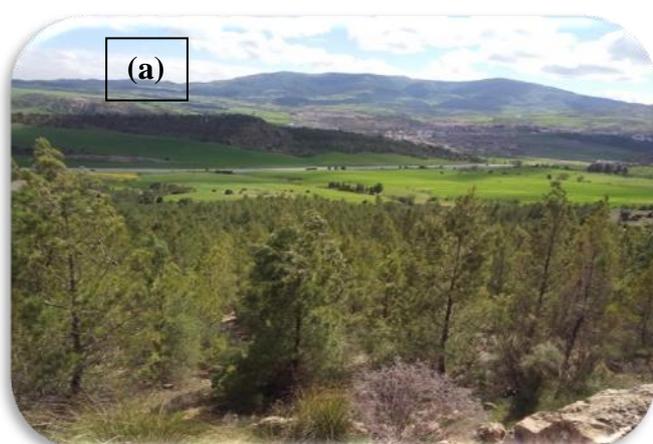


Figure 33. (a) (b) vue générale du versant Sud

(Original 2018)



Figure 34 : (a) (b) vue générale du versant Nord (Original 2018).

7.2. Description du deuxième site.

La distance entre le site de Dalbi et le site de djbel atach est de 45 km, il se trouve à la limite de la région semi aride. Dans la commune de bordj khris

Le site a été reboisé en 2007 dans le cadre du Programme des hauts plateaux sur une surface de 50 hectares, le projet a été réalisé sur un terrain à pente faible variant entre 5 à 10 % avec une exposition du versant nord est .l'échantillonnage a été effectué sur une parcelle de 9.5 hectares en haut du versant (968 m) et 13 hectares en bas du versant (850m). Ces deux parcelles sont occupées principalement par le Pin d'Alep et quelques espèces secondaires telles que « L'oléastre, lentisque, Romarin, l'alfa ».



Figure36 : Vue générale de Djbel Atach bas (Bordj khris)



Figure 35: Vue générale de Djbel Atach haut (Bordj khris)

EXPERIMENTATION :**1. Dénombrement des nids d'hiver de la processionnaire du pin**

Le comptage des nids a été effectué en hiver de l'année 2017 – 2018 dans les quatre stations d'étude. Un effectif de 800 arbres a été pris en considération. Dans chaque station nous avons pris en compte 200 arbres selon un plan d'échantillonnage systématique. La méthode adoptée est basée sur le comptage des nids d'un arbre sur quatre dans les stations (01) et (02) pour toucher au maximum de l'étendu du site,

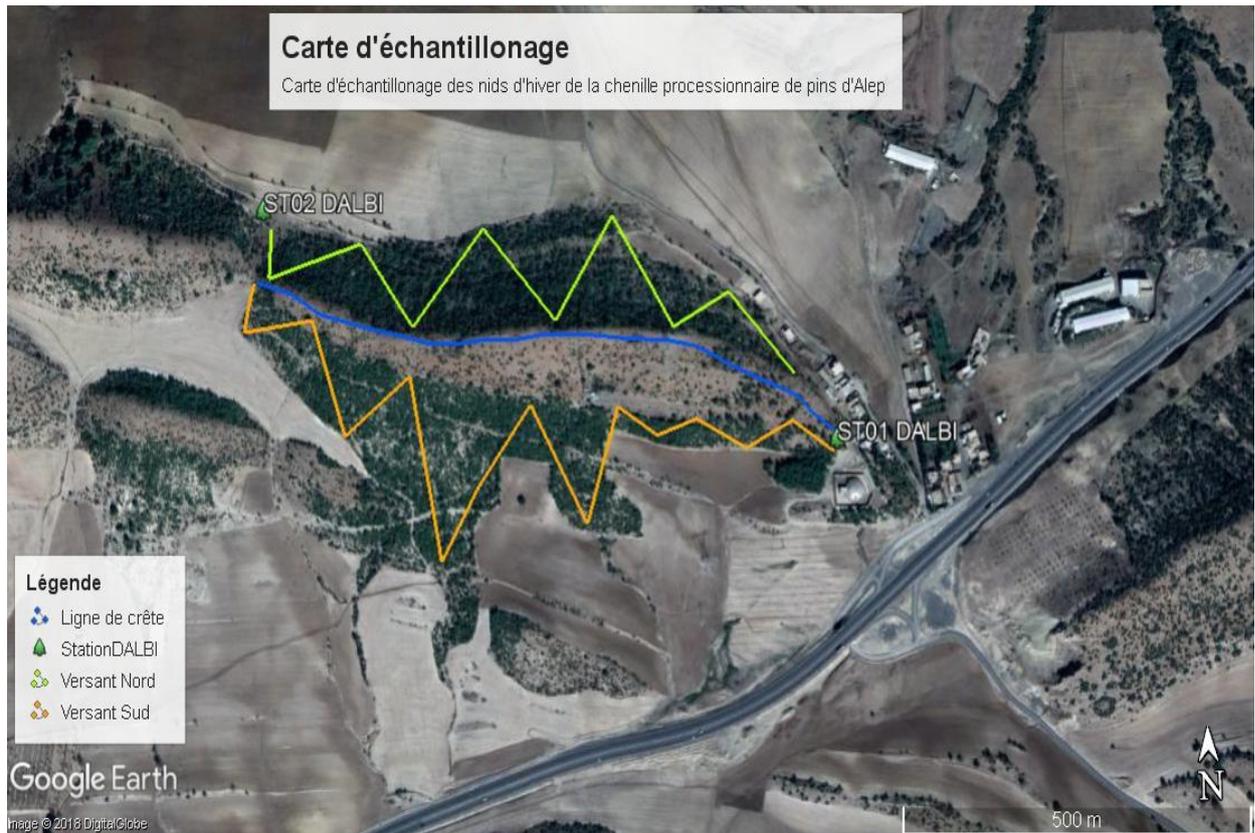


Figure 37 : carte d'échantillonnage des nids d'hiver de la processionnaire du Pin d'Alep (DALBI Sour El Ghozlane)

Et dans les stations (3) et (4) nous avons pris un arbre sur un, comme illustre la carte d'échantillonnage dans la figure(38), à cause de l'état des arbres, où nous avons rencontré plusieurs cas de défoliation totale et par conséquent la mort des arbres suivant un tracé en zigzag. Des fiches de station ci-après seront exploitées.

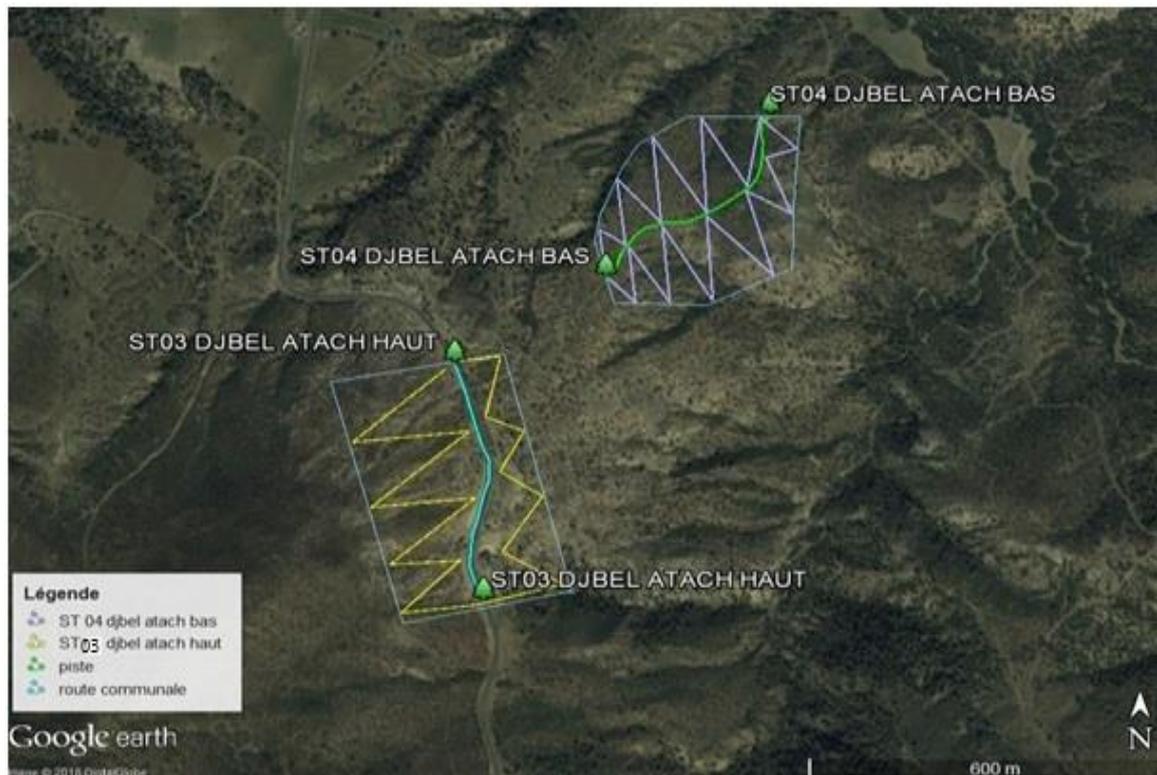


Figure 38: carte d'échantillonnage des nids d'hiver de la processionnaire du Pin d'Alep (Djbel atach)

Dans la première étape, nous avons compté le nombre de nids sur chaque arbre et déterminé systématiquement la hauteur de l'arbre. Dans la seconde étape, l'exposition et le niveau de chaque nid sur l'arbre ont été notés à l'aide d'une boussole de poche, outil de métrage et des jumelles (fig 39). Pour éviter les effets de bordure, nous avons choisi le transect à environ 3m à l'intérieur des peuplements.



Figure 39: matériels utilisés dans la détermination du nombre, l'exposition des nids et la mesure de la hauteur des arbres (Original 2018).

3. Méthodes d'analyse statistique:

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

3.1. 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 logiciel Excel.

3.2. 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. 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.

3.3. Analyse de la variance (ANOVA):

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

3.4. Analyse croisée

La face donnée par ce type d'analyse est appelée boîte à moustaches, elle produit un rectangle autour du point central appelé la médiane et représentant l'indicateur de dispersion de 50% de la population sélectionnée et des étendues ou des moustaches à l'extérieur de la boîte pour représenter une borne de dissémination supplémentaire de 50 % entre le haut et le bas de la boîte rectangulaire. Dans les graphes des boîtes à moustaches, les étendues ou les valeurs caractéristiques de la distribution d'une ou de plusieurs variables sélectionnées sont tracées séparément par groupes définis d'observations selon les valeurs d'une variable catégorielle. La tendance centrale, et l'étendue ou la dispersion statistique sont calculées pour chaque groupe d'observations. La boîte à moustaches résume quelques caractéristiques de position du caractère étudié (médiane, quartiles, minimum, maximum). Ce diagramme est utilisé principalement pour comparer un même caractère dans deux populations de tailles différentes.

1. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver des stations 03 et 04 (variable étudiée : L'altitude)

Les résultats de dénombrement des nids d'hiver en fonction de la variable altitude sont synthétisés le tableau 03.

1.1. Analyse descriptives des résultats obtenus

Les résultats de dénombrement des nids d'hiver sont regroupés dans le tableau N 03.

Tableau 03: Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés dans les stations N°03 et 04 (Basse et Haute Altitude).

Variables	STATION 03 Djbel atach Basse Altitude 850 m	STATION 04Djbel atach Haute Altitude 968
Effectif des arbres échantillonnés	200	200
Somme	277	283
Moyenne	1,39	1,415
Minimum	0	0
Maximum	6	7
Écart-type	1,07356308	1,30817876

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 1.39 et 1.415 nids par arbre.

Seule une différence de six nids est enregistrée entre le nombre total des nids dénombrés dans la station 03 et 04, avec des effectifs respectifs de 277 et 283.

Les valeurs extrêmes du nombre des nids par arbre sont, respectivement (0-6) et (0-7) pour les stations 03 et 04.

1.2 Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver (variable étudiée : altitude).

Les résultats de l'analyse de la variance des nombre de nids en fonction de l'altitude sont représentés sur la figure suivante

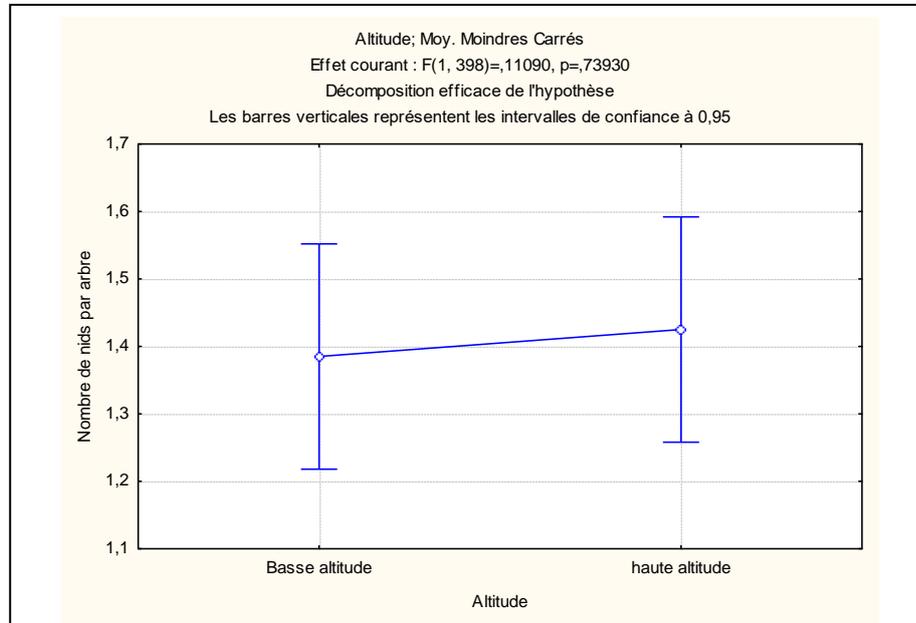


Figure 40. Comparaison des moyennes des nombres des nids par arbre dans les stations prospectées en fonction de l'altitude.

L'analyse de la variance fait apparaître une différence non significative ($p=0,73930$, $p > 5\%$), entre le nombre moyen de nids dans les deux sites étudiés.

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 Arridj qui appartiennent au même étage bioclimatique que les deux stations retenus.

1.3 Analyse fréquentielle des effectifs des nids d'hiver

La synthèse des résultats de l'analyse fréquentielle des effectifs des nids dénombrés sont récapitulés dans le tableau N° 4 et représentés sur les figures N°41 à 44.

Tableau 04. Synthèse de l'analyse fréquentielle des nombres des nids d'hiver. (F : Fréquence)

STATION 03	Nombre de nid par arbre STATION 03	F ST3	F de Nids Bas	F de Nids Milieu	F de Nids Haut	F de Nids Nord	F de Nids Sud	F de Nids Est	F de Nids West
	0	36	161	84	154	166	119	142	149
	1	90	31	72	43	33	57	46	51
	2	46	6	33	2	1	14	11	0
	3	21	2	7	1		8	1	0
	4	4	0	2	0	0	1	0	0
	5	2	0	1	0	0	1	0	0
	6	1	0	1	0	0	0	0	0
	Somme	277	49	178	50	35	120	71	51
	Moyenne	1,39	0,245	0,89	0,25	0,18	0,6	0,36	0,26
	Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0
	Maximum	6	3	6	3	2	6	3	1
	Écart-type	1,07356308							
STATION 04	Nombre de Nid par arbre STATION 04	F ST4	F de Nids Bas	F de Nids Milieu	F de Nids Haut	F de Nids Nord	F de Nids Sud	F de Nids Est	F de Nids West
	0	44	165	124	111	157	111	162	144
	1	88	30	48	60	41	71	32	36
	2	34	5	19	21	2	13	5	15
	3	20	0	7	3	0	5	1	1
	4	8	0	1	4	0	0	0	3
	5	3	0	1	0	0	0	0	0
	6	1	0	0	0	0	0	0	0
	7	2	0	0	0	0	0	0	0
	Somme	283	40	116	127	45	112	45	81
	Moyenne	1,415	0,2	0,58	0,638190955	0,225	0,56	0,225	0,4070352
	Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0
	Maximum	7	2	5	4	2	3	3	4
Écart-type	1,30817876								

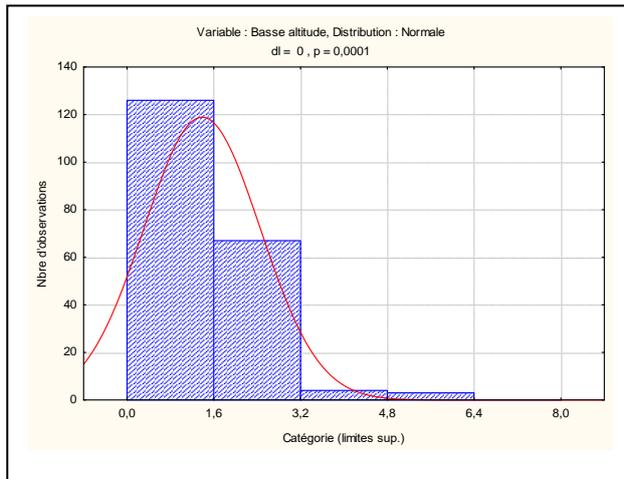


Figure 41. Analyse fréquentielle de nombre des nids dans la station 03.

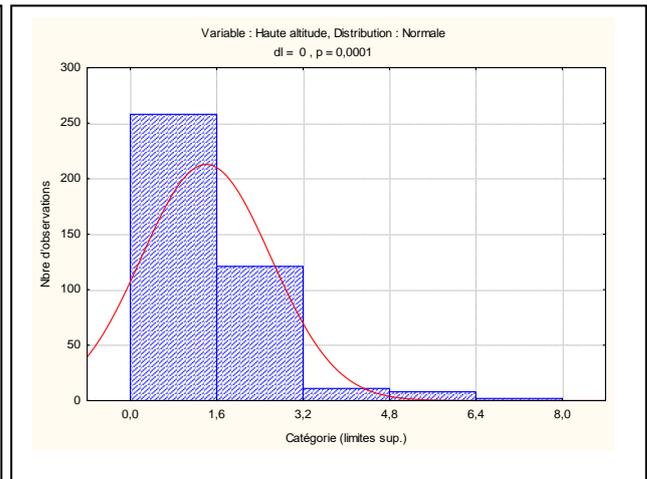


Figure 42. Analyse fréquentielle de nombre des nids dans la station 04

Selon la figure 41 relative à la station 03, les données recueillies présente une probabilité très hautement significative ($p=0,0001$).

Pour la station 04, la figure 42 montre que les données recueillies s'ajustent a une distribution normale, et se répartissent significativement en cinq classes avec une probabilité très hautement significative ($p=0,0001$). Les figures 41 et 42 illustrent les proportions de chaque classe de la distribution fréquentielle.

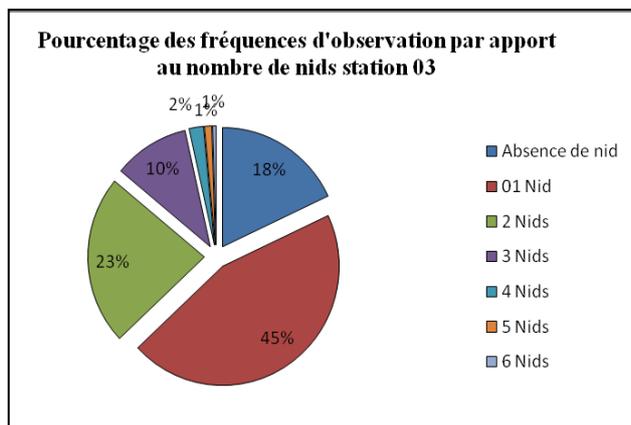


Figure 43: Pourcentage des fréquences d'observation par apport au nombre de nids station 03.

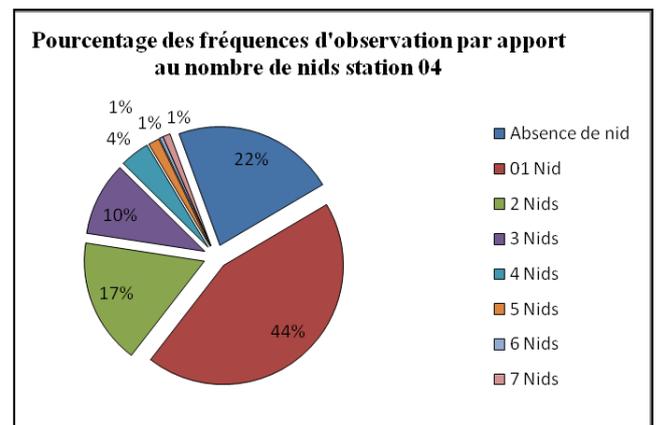


Figure 44: Pourcentage des fréquences d'observation par apport au nombre de nids station 04.

Les figures 43 et 44 représentent respectivement le pourcentage d'arbres infestés, ainsi que les classes d'arbres en fonction de degré d'infestation.

Il en ressort que 18% des arbres échantillonnés dans la station 03 ne sont pas infectés comparé à 22% dans la station 04.

On note que 45% et 44% sont les pourcentages respectifs du nombre d'arbre infesté d'un seul nid dans la station 03 et 04. Le pourcentage d'arbres où les chenilles de la processionnaire de pin ont installé 03 nids dans la station 03 est supérieur à celui de la station 04.

Pour la station 03, nous remarquons que 18% du nombre d'arbre échantillonné n'est pas attaqué par la processionnaire du pin comparé à 22% relative au pourcentage d'arbre sain dans la station 04.

2. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver dans la Station N° 01 Dalbi nord et la Station 02 Dalbi sud (variable étudiée : Exposition : Sud et Nord)

2.1 Analyse descriptive des résultats obtenus

La répartition des nids d'hiver en fonctions de l'exposition des deux stations d'étude est regroupée dans le tableau 05.

Tableau 05 : Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés dans les stations N°01 et 02 .

Variables	STATION 01 Dalbi Nord	STATION 02 Dalbi Sud
Effectif des arbres échantillonnés	200	200
Somme	224	288
Moyenne	1,12	1,44
Minimum	0	0
Maximum	7	12
Écart-type	1,505634309	1,62468397

Le résultat du comptage des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin effectué dans les deux stations 01 et 02, présentant une différence d'exposition, montre que la valeurs moyennes du nombre de nids enregistré sont, respectivement, 1.12 et 1.44 nids par arbre.

Il y a une différence importante de nids est enregistrée entre les deux stations.

Le nombre total des nids dénombré dans la station N° 01 est égale à 224 et celui de la station N°02 est égale 288.

Les valeurs extrêmes du nombre des nids par arbre sont, respectivement (0-7) et (0-12) pour les stations 01 et 02.

2.2 Analyse fréquentielle des effectifs des nids d'hiver

L'analyse fréquentielle des nombres des nids d'hivers de la processionnaire du pin dans La station Delbi Nord et Delbi sud est regroupée dans le tableau 06 et illustrée dans les figures 46 et 47

Tableau 06. Synthèse de l'analyse fréquentielle des nombres des nids d'hiver (Station 01 et 02).

(F : Fréquence)

STATION 01	Nombre de Nid par arbre STATION 01	F ST1	F de Nids Bas	F de Nids Milieu	F de Nids Haut	F de Nids Nord	F de Nids Sud	F de Nids Est	F de Nids West
	0	101	185	114	166	179	119	165	184
	1	38	12	38	30	20	44	27	14
	2	27	3	24	4	1	26	7	2
	3	18	0	16	0	0	3	1	0
	4	7	0	6	0	0	5	0	0
	5	5	0	2	0	0	3	0	0
	6	3	0	0	0	0	0	0	0
	7	1	0	0	0	0	0	0	0
	Somme	224	18	168	38	22	140	44	18
	Moyenne	1,12	0,09	0,84	0,19	0,11	0,7	0,22	0,09
	Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0
	Maximum	7	2	5	2	2	5	3	2
	Écart-type	1,505634309							
STATION 02	Nombre de Nid par arbre STATION 02	F ST2	F de Nids Bas	F de Nids Milieu	F de Nids Haut	F de Nids Nord	F de Nids Sud	F de Nids Est	F de Nids West
	0	66	197	83	163	160	99	193	167
	1	61	3	53	31	27	63	7	27
	2	28	0	32	4	6	19	0	6
	3	28	0	21	2	5	12	0	0
	4	10	0	5	0	1	4	0	0
	5	3	0	2	0	1	1	0	0
	6	2	0	2	0	0	1	0	0
	8	1	0	1	0	0	1	0	0
	12	1	0	1	0	0	0	0	0
	Somme	288	3	240	45	63	179	7	39
	Moyenne	1,44	0,015	1,2	0,225	0,315	0,895	0,035	0,195
	Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0
	Maximum	12	1	10	3	5	12	1	2
Écart-type	1,62468397								

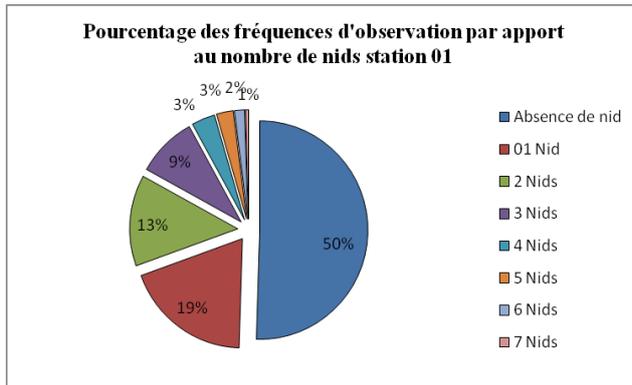


Figure 45: Pourcentage des fréquences d'observation par apport au nombre de nids station 01.

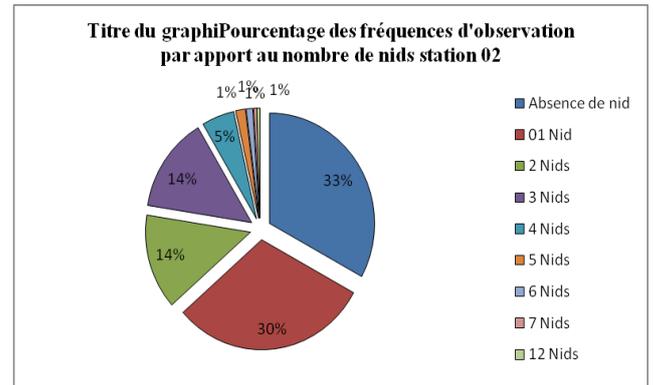


Figure 46: Pourcentage des fréquences d'observation par apport au nombre de nids station 02.

Les figures 45 et 46 représentent respectivement le pourcentage d'arbre infesté, ainsi que les classes d'arbres en fonction de degré d'infestation dans les stations 01 et 02.

Il en ressort que 50% des arbres échantillonnés dans la station 01 ne sont pas infectés comparé à 33% dans la station 02

On note que 19% et 30% sont les pourcentages respectifs du nombre d'arbre infesté d'un seul nid dans la station 01 et 02.

Les pourcentages d'arbre infecté de deux nids dans les deux stations sont très proches avoisinant les 14%.

Le pourcentage d'arbres où les chenilles processionnaires de pin ont installées 03 nids dans la station 02 est supérieur à celui dans la station 01.

3. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver (variable étudiée hauteur des arbres)

3.1 Analyse descriptives des résultats obtenus

Le dénombrement des nids effectué sur les 800 arbres échantillonnés dans les quatre stations a conduit aux résultats qui sont réunis dans le tableau 07.

Tableau 07 : Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés

Variables	Hauteur des Arbres			
	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04
Effectif des arbres échantillonnés	200	200	200	200
Hauteurs moyenne des arbres	6,8007	5.994	1,467	1,07875
Nombre total des nids	224	288	277	283
Nombre moyen des nids par arbre	1.12	1.45	1,39	1,415
Écart-type	3,500481529	2.52802662	0,45888625	0,38899553
Valeurs extrêmes	2 - 17	1,5 - 15	0,5 - 03	0,3 - 2,4

La hauteur moyenne des arbres au niveau de la station 01 est égale à 1.467 et celle de la station 02 il est de 1.415 mètre, des valeurs moyennes sont très proches. Avec des valeurs extrêmes de 2-17 et 1.5-15 respectivement, pour les deux stations.

Les hauteurs moyennes des arbres au niveau de la station 03 et 04, sont respectivement 1.467 et 1.415 mètre.

3.2 Analyse fréquentielle des résultats obtenus

L'analyse fréquentielle des nombres des nids d'hivers de la processionnaire du pin, en fonction des hauteurs des arbres dans les stations est regroupée dans les tableaux 08 et 09 et illustrée dans les figures 47 à 50.

Tableau 08: Synthèse de l'analyse fréquentielle des effectifs des nids dénombrés dans les stations N°01 et 02 (Exposition Nord et Sud) par apport à la hauteur des arbres.

Classes de Hauteur d'arbre Station 01	Nombre d'arbre SAIN	Nombre d'arbre ATTAQUÉ	Nombre d'arbre par classe	Nombre de nids /Arbre	Nombre de Nids au Bas d'un arbre	Nombre de Nids au Milieu d'un arbre	Nombre de Nids en Haut d'un arbre	Nombre de Nids orienté Nord	Nombre de Nids orienté Sud	Nombre de Nids orienté Est	Nombre de Nids orienté West
2-3,5	6	16	22	33	5	23	5	2	24	4	3
3,5-5	19	28	47	76	7	58	11	12	40	16	8
5-6,5	20	24	44	48	3	35	10	5	29	10	4
6,5-8	10	10	20	18	0	15	3	1	14	3	0
8-9,5	19	7	26	13	0	11	2	0	10	3	0
9,5-11	6	4	10	15	3	9	3	1	9	3	2
11-12,5	8	5	13	10	0	8	2	0	7	2	1
12,5-14	3	2	5	4	0	3	1	0	3	1	0
14-15,5	5	3	8	7	0	6	1	1	4	2	0
15,5-17	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Somme	101	99	200	224	18	168	38	22	140	44	18
Moyenne			6,8007	1,12	0,09	0,84	0,19	0,11	0,7	0,22	0,09
Minimum			2	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum			17	7	2	5	2	2	5	3	2
Écart-type			3,500481529								
Classes de Hauteur d'arbre Station 02	Nombre d'arbre SAIN	Nombre d'arbre ATTAQUÉ	Nombre d'arbres	Nombre de nids /Arbre	Nombre de Nids Bas	Nombre de Nids Milieu	Nombre de Nids Haut ST	Nombre de Nids orienté N	Nombre de Nids orienté S	Nombre de Nids orienté Est	Nombre de Nids orienté W
1,5-3	3	6	9	19	0	16	3	3	14	0	2
3-4,5	18	31	49	50	2	38	10	16	26	3	5
4,5-6	20	28	48	59	1	44	14	4	46	1	8
6-7,5	12	32	44	72	0	58	14	17	41	1	13
7,5-9	6	17	23	37	0	36	1	7	23	1	6
9-10,5	2	15	17	37	0	37	0	11	21	0	5
10,5-12	1	1	2	4	0	1	3	3	0	1	0
12-13,5	3	3	6	5	0	5	0	0	5	0	0
13,5-15	1	1	2	5	0	5	0	2	3	0	0
Somme	66	134	200	288	3	240	45	63	179	7	39
Moyenne			5,994	1,44	0,015	1,2	0,225	0,315	0,895	0,035	0,195
Minimum			1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum			15	12	1	10	3	5	12	1	2
Écart-type			2,52802662								

Tableau 09 : Analyse fréquentielle des effectifs des nids dénombrés dans les stations N°03 et 04 (Basse et Haute Altitude) par apport à la hauteur des arbres.

Classes de Hauteur d'arbre Station 03	Nombre d'arbre SAIN	Nombre d'arbre ATTAQUÉ	Nombre d'arbre par classe	Nombre de nids ST 03	Nombre de Nids Bas ST 03	Nombre de Nids Milieu ST 03	Nombre de Nids Haut ST03	Nombre de Nids N3	Nombre de Nids S3	Nombre de Nids E3	Nombre de Nids W3
0,5-1	6	13	19	17	4	11	2	5	4	4	4
1-1,5	14	76	90	127	22	76	29	24	49	38	16
1,5-2	13	52	65	86	15	56	15	5	45	18	18
2-2,5	3	15	18	28	5	21	2	1	11	7	9
2,5-3	0	8	8	19	3	14	2	0	11	4	4
Somme	36	164	200	277	49	178	50	35	120	71	51
Moyenne			1,467	1,39	0,245	0,89	0,25	0,18	0,6	0,36	0,26
Minimum			0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum			3	6	3	6	3	2	6	3	1
Écart-type			0,45888625								
Classes de Hauteur d'arbre Station 04	Nombre d'arbre SAIN	Nombre d'arbre ATTAQUÉ	Nombre d'arbre par classe	Nombre de nids ST 04	Nombre de Nids Bas ST 04	Nombre de Nids Milieu ST 04	Nombre de Nids Haut ST04	Nombre de Nids N4	Nombre de Nids S4	Nombre de Nids E4	Nombre de Nids W4
0-0,5	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
0,5-1	25	51	76	67	11	21	35	13	24	14	16
1-1,5	10	76	86	140	18	61	61	24	62	12	42
1,5-2	4	24	28	55	10	22	23	8	18	17	12
2-2,5	0	5	5	21	1	12	8	0	8	2	11
Somme	44	156	200	283	40	116	127	45	112	45	81
Moyenne			1,07875	1,415	0,2	0,58	0,638190955	0,225	0,56	0,225	0,4070352
Minimum			0,3	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum			2,4	7	2	5	4	2	3	3	4
Écart-type			0,38899553								

3.3 Evolution du nombre des nids dénombrés sur les trois niveaux de l'arbre en fonction des hauteurs d'arbres. (Station 03 et 04)

La variation en fonction des hauteurs des arbres du nombre des nids dénombrés sur les trois niveaux de l'arbre (Bas, Milieu, Haut) dans les deux stations est illustrée dans les figures N°50.

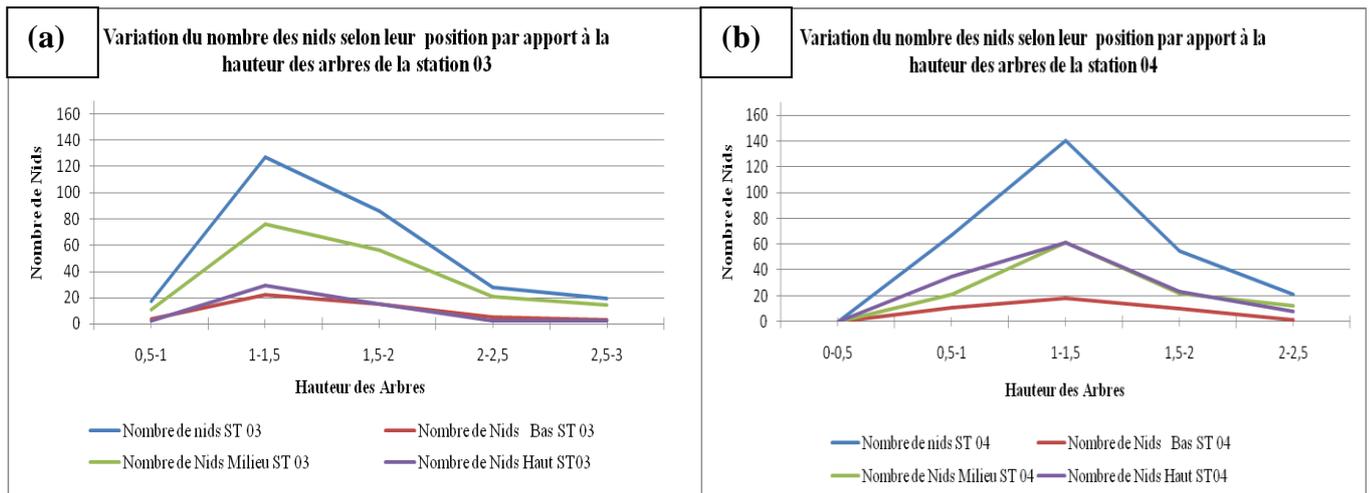


Figure 47 : Variation du nombre des nids selon leur position par rapport à la hauteur des arbres.
(a) : Station 03, (b) : Station 04.

Les courbes dans le graphe de la figure 47 (a) représentent, respectivement, la variation du nombre total de nids de la station 03 et les nombres de nids dénombrés sur les trois niveaux de l'arbre, à savoir, le bas, le milieu et le haut des arbres atteints.

L'allure des quatre courbes est caractérisée par une augmentation importante du nombre de nid avec la hauteur des arbres jusqu'à une valeur déterminée avant de décroître lentement.

En effet, la courbe du nombre de nid total dans la station augmente exponentiellement jusqu'à une valeur maximale qui est de 127 nid dénombré dans 90 arbres de hauteur comprise entre 1 et 1.5 mètre.

En suite, l'évolution de la courbe change en diminuant lentement jusqu'à la valeur de 28 nids installés sur les 18 arbres de hauteur comprise entre 2 et 2.5 mètre et la valeur de 19 nids dans les huit arbres restantes du nombre total d'arbre dont les hauteurs sont maximales de 2.5 à 3 mètre.

Les courbes relatives au nombre de nids installés sur les niveaux bas et haut des arbres se croisent en décroissant légèrement à la valeur de 15 nids recensés dans les 65 arbres de hauteur comprise entre 1.5 et 2 mètre.

L'allure des quatre courbes, dans la figure 47 (b) qui semble être similaire est caractérisée par une augmentation du nombre de nid avec la hauteur des arbres jusqu'à une valeur déterminée avant de décroître lentement.

En effet, l'évolution de la courbe du nombre total des nids dans la station 04 augmente exponentiellement jusqu'à une valeur maximale égale à 140 nids dénombré dans 86 arbres de hauteur comprise entre 1 et 1.5 mètre.

En suite, l'évolution de la courbe change en diminuant lentement jusqu'à la valeur de 55 nids installés sur les 28 arbres de hauteur comprise entre 1.5 et 2 mètre et la valeur de 21 nids dans les cinq arbres restantes du nombre total d'arbre dont les hauteurs sont maximales de 2 à 2.5 mètre.

Les courbes relatives au nombre de nids installés sur les niveaux milieu et haut des arbres se croisent à la valeur de 61 nids recensé dans les 86 arbres de hauteur comprise entre 1 et 1.5 mètre avant de décroître en atteignant des valeurs très proches.

3.4 Evolution du nombre des nids dénombrés sur les niveaux sur les quatre niveaux d'exposition de l'arbre en fonction des hauteurs d'arbres. (Station 03 et 04)

La variation en fonction des la hauteurs des arbres du nombre des nids dénombrés sur les quatre niveaux d'exposition de l'arbre (Nord, Sud, Est et West) dans les dans les deux stations 03 et 04 est illustrée dans la figure 48.

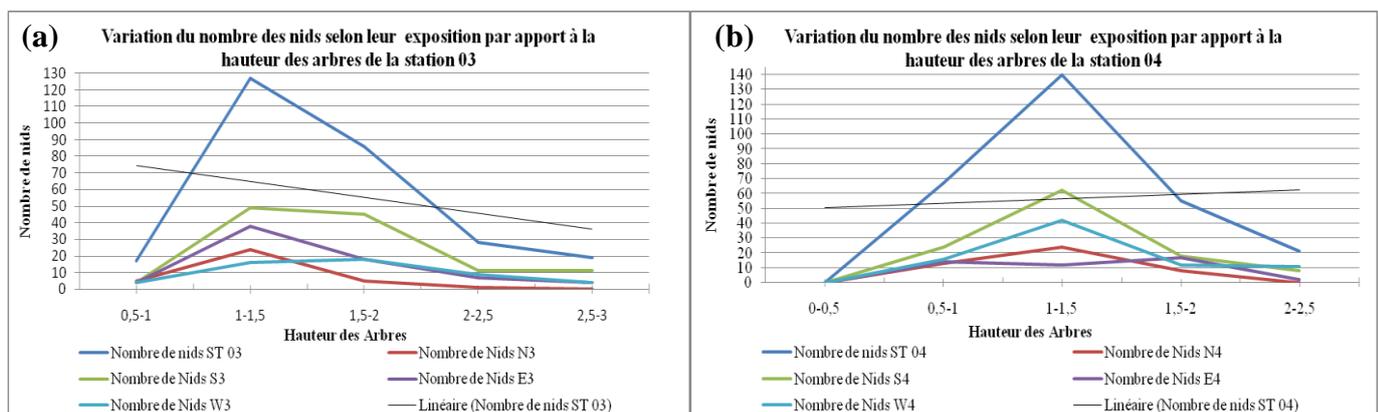


Figure 48 : Variation du nombre des nids selon leur exposition par rapport à la hauteur des arbres de (a) : Station 03, (b) : Station 04

Les courbes dans la figure 48 (a) représentent, respectivement, la variation du nombre total de nids de la station 03 et les nombres de nids dénombrés suivant leur exposition cardinale (Nord, Sud, Est et West) des arbres attaqués.

L'allure des quatre courbes est caractérisée par une augmentation importante du nombre de nid avec la hauteur des arbres jusqu'à une valeur déterminée avant de décroître lentement à l'exception de l'allure de la courbe des nids d'exposition Sud dont la décroissance est très lente depuis la classe de hauteur d'arbre comprise entre 1 à 1.5 mètre à la classe de hauteur comprise entre 1.5 et 02 mètre.

Pendant cette décroissance très lente de la courbe du nombre de nids d'exposition Sud, celle du nombre de nids d'exposition West continue de croître très lentement avant de décroître avec les autres courbes à partir de la classe de hauteur d'arbre comprise entre 1.5 mètre à 02.

L'allure des quatre courbes de la figure 48 (b) est caractérisée par une augmentation importante du nombre de nid avec la hauteur des arbres jusqu'à une valeur déterminée avant de décroître lentement.

En effet, la courbe du nombre de nid total dans la station N° 04 A droite augmente exponentiellement jusqu'à une valeur maximale qui est de 140 nid dénombré dans 86 arbres de hauteur comprise entre 1 et 1.5 mètre.

En suite, l'évolution de la courbe change en diminuant lentement jusqu'à la valeur de 55 nids installés sur les 28 arbres de hauteur comprise entre 2 et 2.5 mètre et la valeur de 21 nids enregistrés dans les cinq arbres restantes du nombre total d'arbre dont les hauteurs sont maximales est comprise entre 2.5 et 3 mètre.

Les courbes relatives au nombre de nids installés sur les niveaux milieu et haut des arbres se croisent à un même pique à la valeur de 61 nids recensés dans les 86 arbres de hauteur comprise entre 1 et 1.5 mètre.

3.5 Evolution du nombre des nids dénombrés sur les trois niveaux de l'arbre en fonction des hauteurs d'arbres. (Station 01 et 02)

La variation en fonction des hauteurs des arbres du nombre des nids dénombrés sur les trois niveaux de l'arbre (Bas, Milieu, Haut) dans les stations 01 et 02 est illustrée dans la figure N°49.

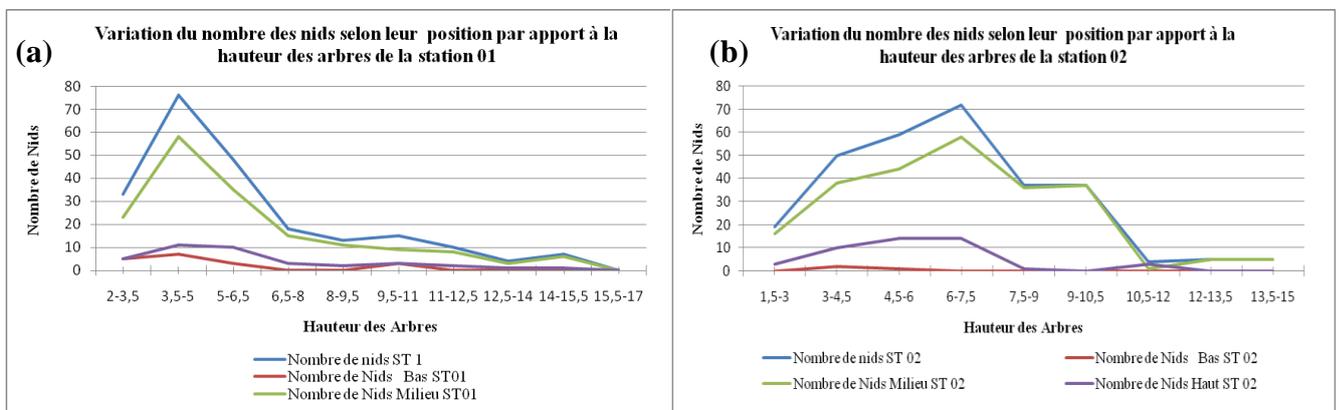


Figure 49 : Variation du nombre des nids selon leur position par rapport à la hauteur des arbres. (a) : Station 01, (b) : Station 02).

Pour la station 01 d'exposition nord figure 49 (a), l'allure des courbes est caractérisée par une augmentation exponentielle pour du nombre de nids total et celui du milieu jusqu'à la valeur maximal du nombre de nid enregistré dans la classe de hauteur d'arbre comprise entre 3.5 à 5 mètre. Ensuite, le nombre de nid dans le niveau milieu diminue rapidement jusque 19 nids recensés dans les arbres de la classe de hauteur comprise entre 6.5 et 8 mètre avant de continu sa décroissance lentement au fur à mesure que la hauteur des arbres augment.

Pour la station 02, figure 49 (a), les allures des courbes, du nombre de nid au niveau du milieu des arbres et celle du nombre total sont irrégulières caractérisées par deux pics enregistrés dans la classe d'arbre de hauteur comprise entre 3-4.5 et celle 6-7.5.

La courbe du nombre de nids bas pour les deux stations se situe au niveau inférieur enregistrant des valeurs très basses.

Il semble que la chenille processionnaire du pin exploite au mieux la disponibilité d'arbre offrant les conditions favorable pour l'installation de nids.

3.6 Evolution du nombre des nids dénombrés sur les niveaux sur les quatre niveaux d'exposition de l'arbre en fonction des hauteurs d'arbres. (Station 01 et 02)

La variation en fonction des la hauteurs des arbres du nombre des nids dénombrés sur les quatre niveaux d'exposition de l'arbre (Nord, Sud, Est et West) dans les dans les deux stations 01 et 02 est illustrée dans la figure 50.

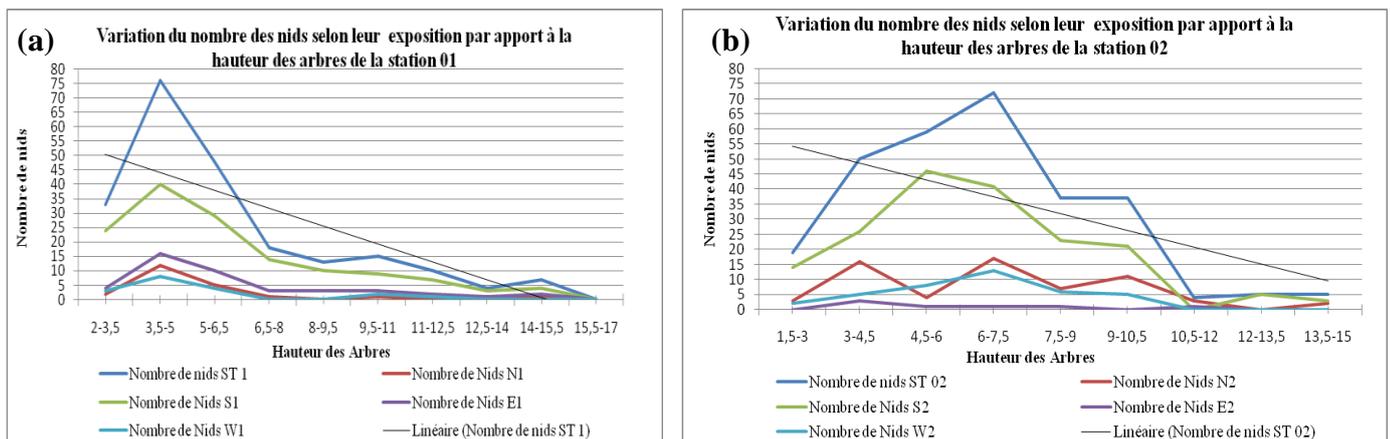


Figure 50 : Variation du nombre des nids selon leur exposition par rapport à la hauteur des arbres. (a) : Station 01, (b) : Station 02).

L'analyse de la figure 50 qui représente la variation du nombre de nids selon leur exposition par rapport à la hauteur des arbres ne diffère pas de celle relative à la position. Il semble que la

stratégie de la chenille processionnaire du pin dans le choix de l'emplacement des nids s'adapte aux conditions physiques du milieu notamment l'exposition des arbres.

En effet, si dans les arbres de la classe de hauteur comprise entre 3 a 6 mètre de la station 01 50 (a), la courbe des nombre de nids orientés sud commence à décroître, dans la station 02 figure 50 (b) la courbe représentant le nombre de nids recensés dans la position cardinale sud continue d'augmenter et ne commence à décroître lentement qu'à partir de la classe d'arbre de 06 à 7.5.

4. Relation entre le nombre de nids d'hiver et la hauteur des arbres

Les rapports des analyses croisées entre le nombre de nids et la hauteur des arbres pour les quatre stations sont illustrés dans les figures 51 à 54.

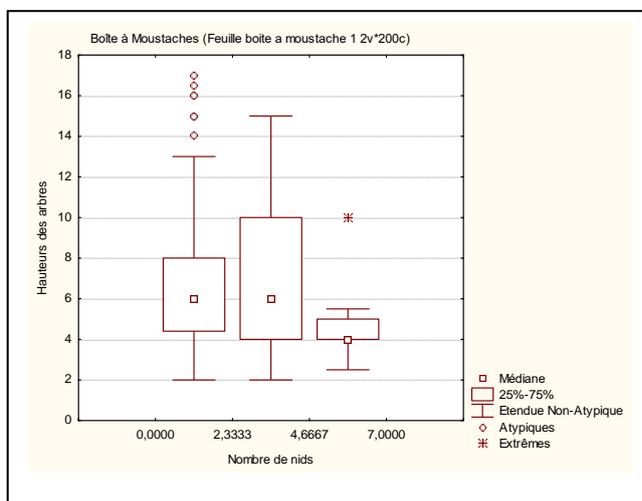


Figure 51 : Distribution du nombre nids en fonction de la hauteur des arbres. Station 01

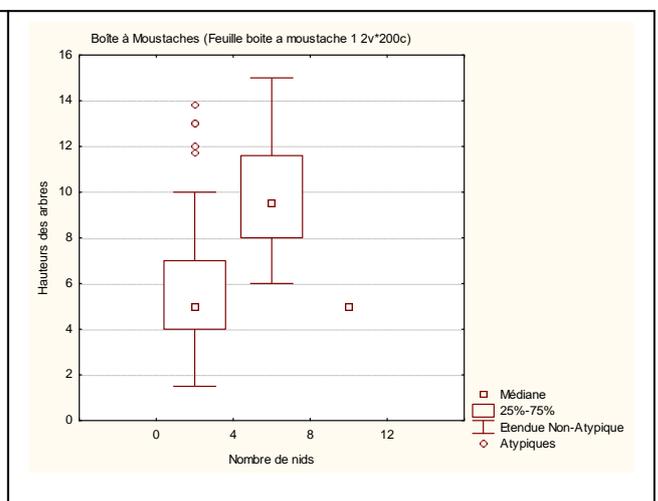


Figure 52 : Distribution du nombre nids en fonction de la hauteur des arbres. Station 02.

Les figures 51 et 52 représentent respectivement la distribution du nombre de nids d'hiver en fonction de la hauteur des arbres dans les stations 01 et 02.

En considérant les trois catégories de classes de nombre de nids dans la station 01, il apparait qu'à la première catégorie de 0 à 2.33 nids, la valeur médiane de la hauteur des arbres est de 6 mètre avec cinq valeurs atypiques 14, 15, 16, 16,5 et 17 mètre.

Pour la classe du nombre de nids compris entre 2.33 et 4.66, la hauteur médiane des arbres est de l'ordre de 6 mètre aussi avec l'étendu plus variable des trois catégories allant de 2 à 15mètre. 50% des hauteurs sont comprises entre 04 et 10 mètre.

L'examen de la classe comprise entre 04.6 à 07 nids met en évidence une valeur médiane de 4 mètre avec l'étendu le plus petit 2.5 à 55 mètre.

Pour la station 02, le même nombre de catégorie est enregistré, la valeur médiane des hauteurs des arbres de catégorie de classe de nombre de nids compris entre 0 et 4 nids est égale à 5 mètre dont l'étendu est de 4 à 7 mètre. Cette catégorie enregistre quatre valeurs aberrantes.

La deuxième classe de 4 à 6 nids enregistre une valeur médiane de 9.5 et un étendu allant de 6 à 15 mètre de hauteur.

La valeur médiane de la troisième catégorie de 8 à 12 nids, sans étendu, est égale à 5 mètre.

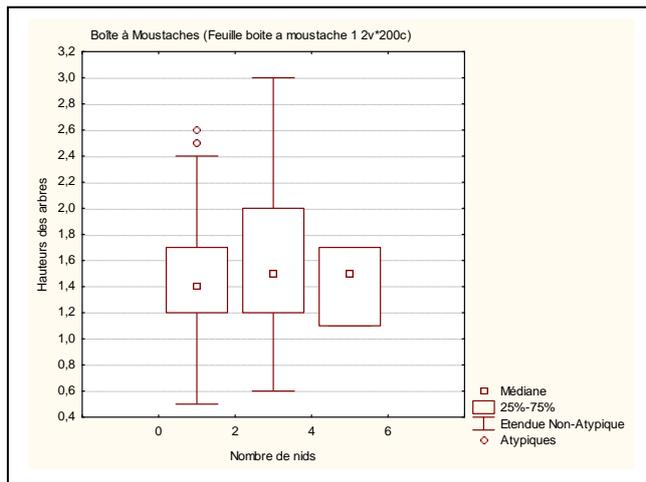


Figure 53 : Distribution du nombre nids en fonction de la hauteur des arbres. Station 03

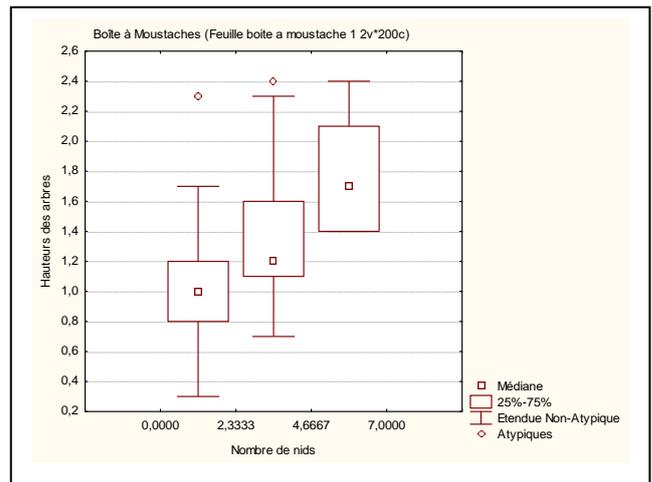


Figure 54 : Distribution du nombre nids en fonction de la hauteur des arbres. Station 04.

Les figures 53 et 54 représentent respectivement la distribution du nombre de nids d’hier en fonction de la hauteur des arbres dans les stations 03 et 04.

En considérant les trois catégories de classes de nombre de nids dans la station 03 basse altitude, il apparaît qu’à la première catégorie de 0 à 2 nids, la valeur médiane de la hauteur des arbres est de 1.4 mètre avec deux valeur atypiques 2.5 et 2.6 mètre.

Pour la classe du nombre de nids compris entre 02 et 04, la hauteur médiane des arbres est de l’ordre de 1.5 mètre avec un étendu d’une grande variabilité allant de 0.6 à 3mètre.

L’examen de la classe comprise entre 04 à 06 nids met en évidence une valeur médiane de 1.5 et s’étend 1.1 et 1.7 mètre. La répartition des valeurs médianes et de leurs étendues sont plus hétérogène.

Pour la station 04, le même nombre de catégorie est enregistré, la valeur médiane des hauteurs des arbres de catégorie de classe de nombre de nids compris entre 0 et 2.33 nids est égale à 1 mètre dont l’étendu est de 4 à 7 mètre. Cette catégorie enregistre une valeur aberrante de 2.3 mètre.

La catégorie de 2.33 à 4.66 a une valeur médiane de 1.2 et un étendu allant de 0.3 à 1.7 mètre de hauteur.

La valeur médiane de la troisième catégorie de 4.66 à 7 dont 50% d'effectif a une hauteur comprise entre 1.4 et 2.4 mètre.

Les valeurs médianes croissent d'une catégorie de longueurs à l'autre.

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

5.1 Analyse descriptive des résultats des comptages des nids

Tableau 10: Analyse descriptive des résultats des comptages des nids (niveau d'arbre)

Expositions	Bas	Milieu	Haut
Station N°1	18	168	38
Station N°2	3	240	45
Station N°3	49	178	50
Station N° 4	40	116	127

Les résultats regroupés dans le tableau N°10 et résumés dans les figures 55 à 58 montrent que, à l'exception de la station 04, la chenille processionnaire a choisi le niveau médian des arbres dans toutes les stations pour tisser ces nids d'hiver.

Le niveau haut vient en deuxième position où 38, 45, 50 et 127 nids sont recensés, respectivement des les stations 01, 02, 03 et 04.

Par contre, le niveau bas des arbres dans les quatre stations a enregistré des nombres inférieurs aux autres niveaux qui sont respectivement 18, 3, 49 et 50.

Le niveau haut de la station 04 est le plus infesté avec 127 nids comparé à 116 nids dénombrés au milieu des arbres, une différence qui peut être dû à une erreur d'appréciation lors de l'échantillonnage à cause de la hauteur relativement petite des arbres ou à d'autres facteurs liés au comportement du défoliateur.

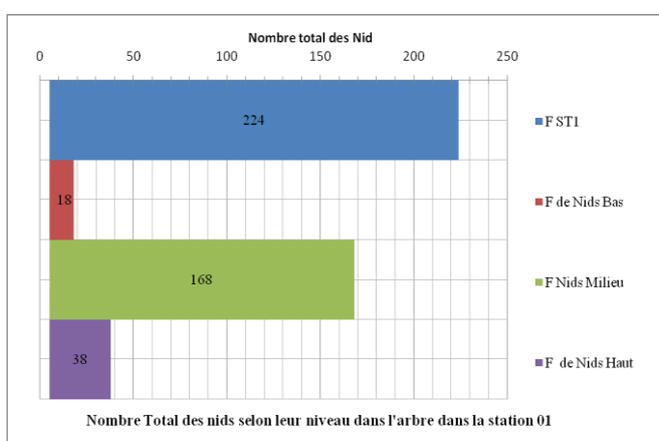


Figure 55 : Nombre de nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre dans la station 01.

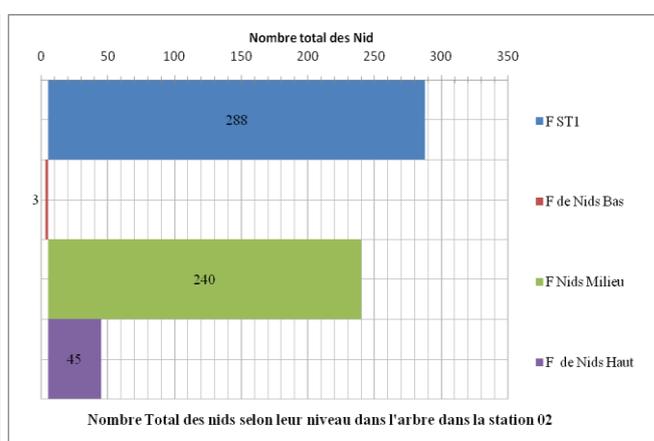


Figure 56 : Nombre de nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre dans la station 02.

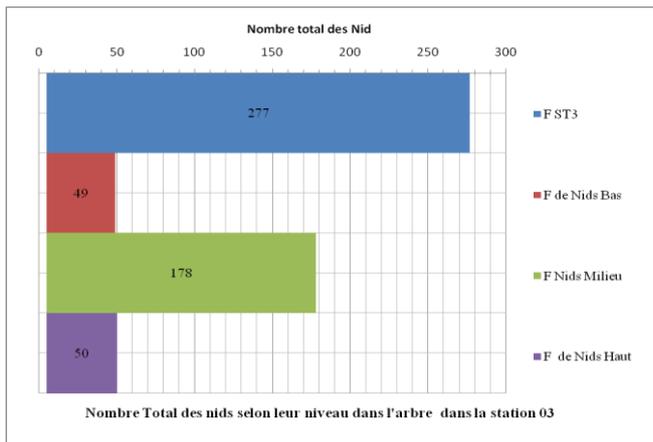


Figure 57 : Nombre de nids d’hiver en fonction de leur niveau sur l’arbre dans la station 03.

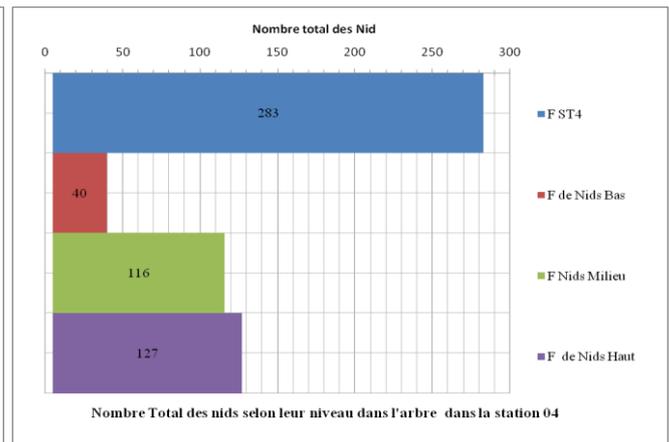


Figure 58 : Nombre de nids d’hiver en fonction de leur niveau sur l’arbre dans la station 04.

5.2 Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d’hiver en fonction de leur niveau sur l’arbre

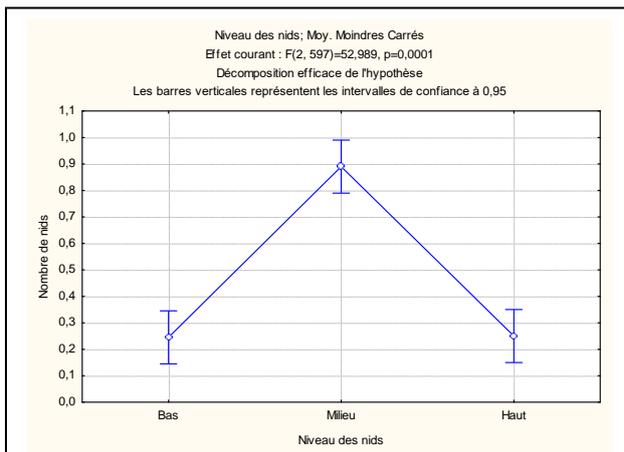


Figure 59 : Distribution des nids d’hiver en fonction de leur niveau sur l’arbre Station 03.

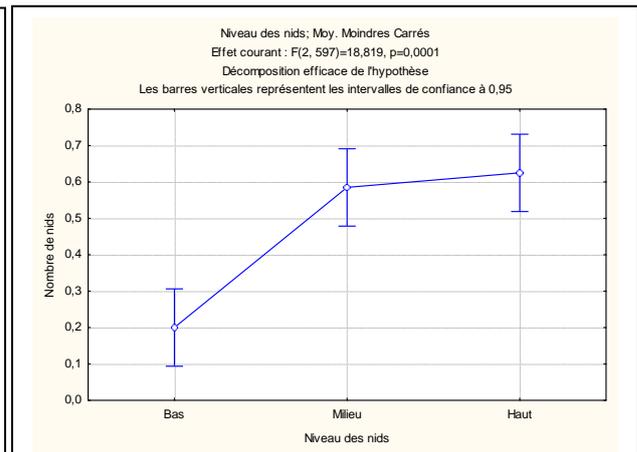


Figure 60 : Distribution des nids d’hiver en fonction de leur niveau sur l’arbre Station 04.

L’analyse de la variance de nombre des nids d’hiver en fonction de leur niveau sur l’arbre dans les quatre stations, figures 59 à 60, fait apparaître une probabilité très hautement significative ($p=0,0001$) pour chacune d’entre elles.

Une stratégie d’occupation s’effectuée en relation avec 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 comme c’est le cas de la station 03.

En effet, Demolin 1969 note que les femelles de la chenille processionnaire du pin, après accouplement vont se diriger vers les arbres se découpant en silhouette sous le plus grand angle, les femelles seront attirées vers le haut des arbres et les pontes seront déposées en cime ou sur les branches moyennes. Il ajoute que dans les zones de pente et accidentés, comme est le cas de la station 04, un pourcentage très faible de femelles va pondre sur les arbres les plus hauts.

Ce qui peut expliquer le nombre de nids enregistré sur le niveau haut des arbres dans la station 04.

6. Répartition des nids d'hiver en fonction de leur position cardinale sur l'arbre

6.1 Analyse descriptive des résultats des comptages des nids

Tableau 11 : Analyse descriptive des résultats des comptages des nids (position dans l'arbre)

Expositions	Nord	Sud	Est	West
Station N°1	22	140	44	18
Station N°2	63	179	7	39
Station N°3	35	120	71	51
Station N° 4	45	112	45	81

Les figures 61 à 64 montrent l'orientation des nids par rapport aux quatre points cardinaux est différente dans chaque station avec une concentration du nombre de nids dénombré dans la direction Sud.

Dans la station 03 le nombre de nids orientés vers le Sud est égal à 120 inférieurs de deux nids de celui du nombre orienté Sud dans la station 04. Cette dernière enregistre un nombre plus important de nids orientés vers le West que celui enregistré dans la station 03 à savoir respectivement 81 et 51 nids.

Pour le Nord et l'Est, la station 04 comporte 45 nids dans chacune des deux directions tandis que dans la station 03 les nombres dénombrés de nids orientés vers le Nord et l'Est sont, respectivement, 35 et 71.

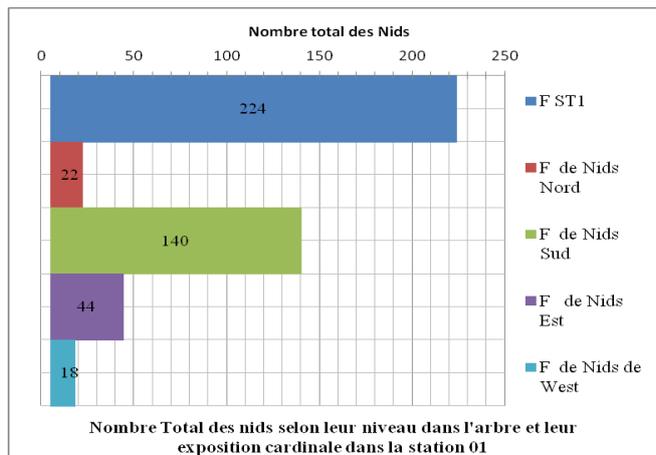


Figure 61 : Nombre de nids d'hiver en fonction de leur exposition sur l'arbre dans la station 01.

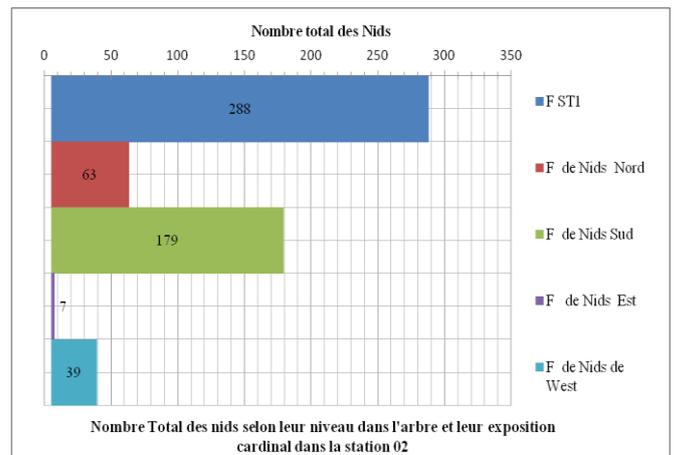


Figure 62 : Nombre de nids d'hiver en fonction de leur exposition sur l'arbre dans la station 02.

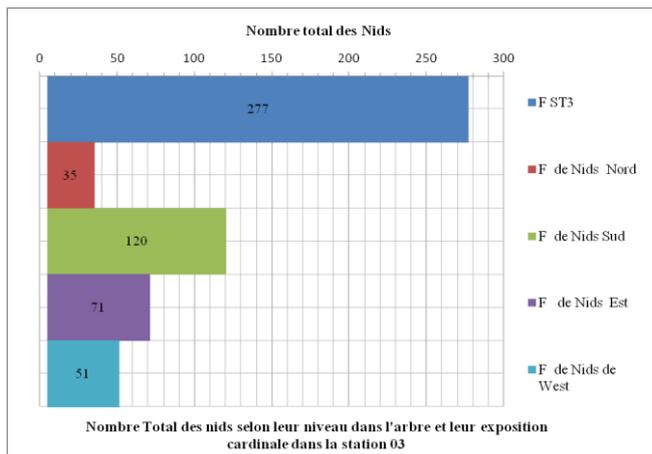


Figure 63 : Nombre de nids d'hiver en fonction de leur exposition sur l'arbre dans la station 03.

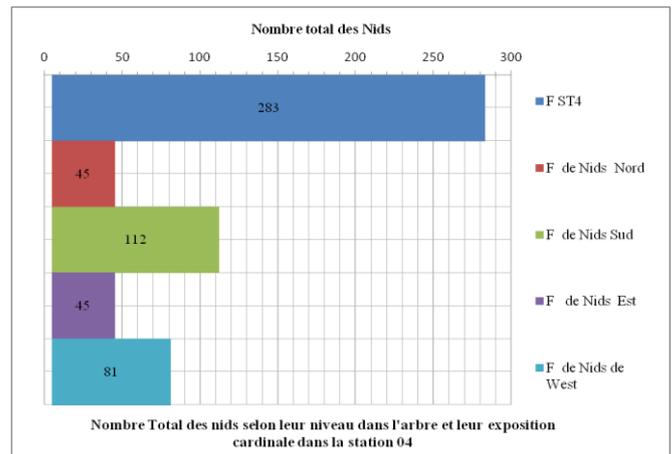


Figure 64 : Nombre de nids d'hiver en fonction de leur exposition sur l'arbre dans la station 04.

6.2 Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver

Les Figures 65 à 66 montrent les analyses de la variance du nombre des nids d'hiver en fonction de leur exposition cardinale sur l'arbre dans les stations 03 et 04.

Elles font apparaitre une différence très hautement significative avec une probabilité ($p=0,0001$) pour chacune d'entre elles.

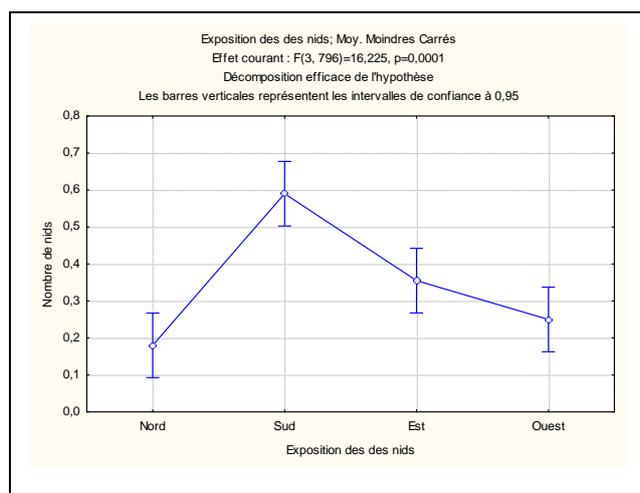


Figure 65 : Distribution des nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre Station 03.

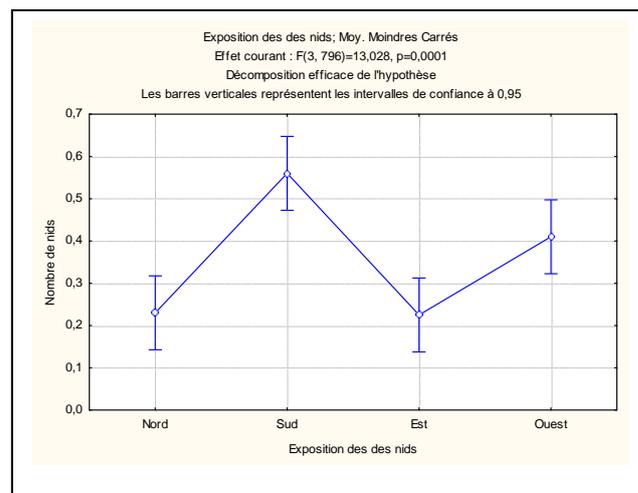


Figure 66: Distribution des nids d'hiver en fonction de leur niveau sur l'arbre Station 04.

Le nombre des nids d'hiver de *T.pityocampa* en rapport avec les directions cardinal, montrent que les chenilles de *T.pityocampa* installent leurs nids d'hiver dans la direction cardinal Sud et Est dans la station 03.

Dans cette station, la direction cardinale Ouest vient en troisième position en termes de nombre de nids.

Par contre, pour la station 04 qui affiche, également, une préférence de la chenille processionnaire de la direction cardinale Sud pour l'installation de ses nids, le deuxième choix de *T.pityocampa* s'est orienté vers l'Ouest.

Ziouche 2017, avance que la direction cardinal Sud et Ouest, à une altitude de 698 à 928 m, est le choix qu'effectue la processionnaire du pin pour l'installation des ses nids d'hiver et au-delà de cette altitude, le positionnement des nids change vers le côté Est et Nord comme c'est le cas du site de Ras El Oued (1077m).

Ces résultats convergent avec ceux de la station 04 dont l'altitude est 850 mètre. Par contre ils diffèrent avec ceux de la station 03, située à 960 mètre, où la chenille processionnaire de pin à installée ses nids dans la direction Sud et Est et non, comme l'a avancé Ziouche 2017, Est et Nord.

Cependant, *Thaumetopoea pityocampa* est connue pour ces capacités adaptatives d'intégration de facteurs défavorables à son évolution. Elle construit ses nids d'hiver en adoptant une stratégie qui lui permet d'optimiser les facteurs du milieu par un déplacement vertical et horizontal à l'échelle local de l'arbre et à l'échelle de région. Le changement du comportement de la chenille processionnaire du pin dans le choix du positionnement du nid par rapport à la direction cardinale peut être expliqué par le fait que la station 04 présente des irrégularités dans son relief caractérisé par des pentes et parcelle accidenté.

7. Distribution hiérarchique des variables étudiées

Sur la base des données recueillies sur le nombre de nids recensés dans les stations et afin de montrer la liaison entre les variables étudiées, nous avons procédé à une classification hiérarchique, les figures N° 71 et 72 illustrent les distances d'agrégation enregistrées entre les variables.

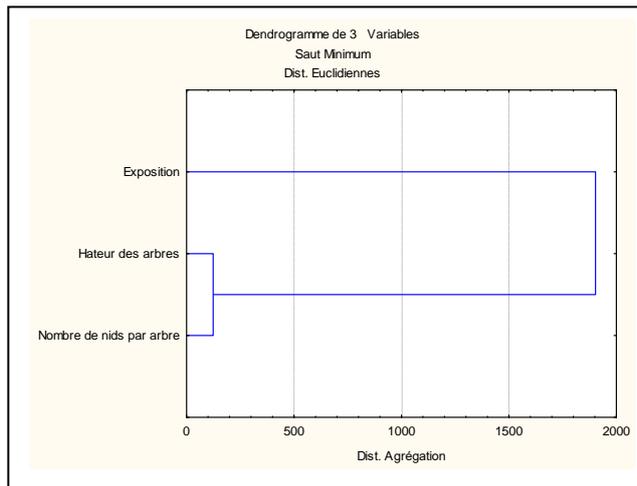


Figure 67. Classification hiérarchique des variables liés au nombre de nids dans les deux stations 01 et 02.

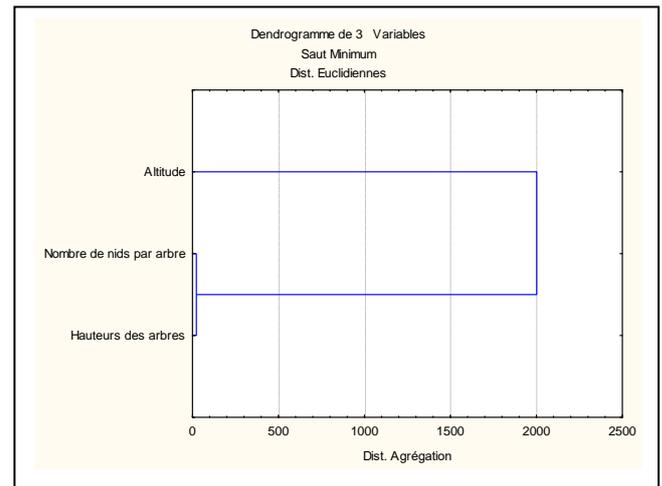


Figure 68. Classification hiérarchique des variables liés au nombre de nids dans les deux stations 03 et 04.

D'après la classification des variables liées à au nombre de des nids, on a distingué un groupe indépendant qui comporte le nombre de nids par arbre et la hauteur des arbres à la distance d'agrégation 50 dans les station d'exposition nord et sud et 100 dans les stations d'altitude différentes, figure 67.

Le dit groupe indépendant est lié à l'altitude à une distance d'agrégation plus éloignée 2000 et à l'exposition par une distance d'agrégation 1800. Figure 68.

Il en sort que le nombre de nid dans les stations dépend beaucoup plus de la hauteur des arbres en premier lieu et de l'exposition en deuxième lieu puis de l'altitude.

En effet, les femelles de processionnaire sont connues pour reconnaître leur hôte d'après sa silhouette.

D'après Demolin 1969 vont se diriger vers les arbres se découpant en silhouette sous le plus grand angle vers le haut des arbres où les pontes seront déposées.

Les femelles semblent distinguer d'abord les habitats adéquats liés à la présence de grandes masses de pins avec un feuillage comestible.

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

Le travail de recherche effectué dans les stations Delbi sud et Deldi Nord de Sour El Ghozlane et les deux stations Djbel Atach bas et haut de bourdj Khris, nous a permis de retenir les points suivants ;

- Les stations situées en basse altitude renferment plus de nids, que celle localisée en haute altitude.
- 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 recherchés par la chenille processionnaire du pin pour l'installation de ses nids d'hiver.
- Le nombre de nids d'hiver augmente avec la hauteur des arbres. Et la chenille processionnaire sélectionne les arbres dont la hauteur est proche de la moyenne des arbres du site.
- La classification des variables liés au nombre de nids révèle que le nombre de nids dans les stations dépend beaucoup plus de la hauteur des arbres en premier lieu et de l'exposition en deuxième lieu puis de l'altitude.

Par ailleurs, il faut noter que des pourcentages relativement importants d'arbre non attaqués à l'intérieur des sites prospectés méritent d'être élucidés.

Selon Rivière. 2001 la femelle de la processionnaire du pin ne dispose que de une à deux heures afin de trouver le support idéal. Passé ce délai, elle choisit ensuite des supports de plus en plus défavorables. Donc la hauteur ne peut pas en être une raison pour la quelle la chenille processionnaire n'a pas installée ses nids sur ces arbres sains puisque l'analyse fréquentielle montre que ces arbres appartient aux même classes d'hauteur d'arbre attaqués.

La distance des arbres trouvés sains par rapport aux limites de la parcelle échantillonnée, la nature de la végétation proche et la qualité du feuillage qui constitue la nourriture de la processionnaire sont des détails importants qui méritent d'être étudiés à fin de l'hypothèse de la barrière physique et/ou chimique qui pourrait affecter la sélection de l'arbre hôte par la processionnaire du pin et expliquer d'avantage le comportement et la stratégie qu'elle adopte pour optimiser les facteurs du milieu.

Ces informations, qu'apportera une nouvelle étude dans le site, conjuguées aux informations apportées par l'étude de la dynamique des infestations à travers la distribution des nids d'hiver, peuvent contribuer à la prédiction du potentiel de colonisation de *T.pityocampa* et au développement de stratégie de lutte et ou de surveillance qui permettront d'assurer une meilleure protection et conservation de nos forêts.

Références bibliographiques :

- 1) Abdessemed, K. (1981). Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans les massifs de l'Aures et du Belezma: étude phytosociologique, problèmes de conservation et d'aménagement.
- 2) Amar, M. (2013). Les incendies de forêts en Algérie. Étude de l'évolution après feu des peuplements de *Pinus halepensis* Mill. dans l'Est algérien. Cas de la forêt de Bou-Taleb, du reboisement de Zenadia et du parc national d'el Kala, Université Ferhat Abbas de Sétif 1.
- 3) Bachir, K., G. Tail, et al. (2017). "Infestation by *Thaumetopoea pityocampa* Den. & Schiff. in two pine forest from the region of Djelfa (Algeria) and in vitro impact of *Juniperus oxycedrus* and *Juniperus phoenicea* on mortality and larvae consumption." *AgroBiologia* 7(2): 427-438.
- 4) Barbaro, L. (2008). Les oiseaux insectivores prédateurs de la processionnaire du pin. Colloque "Insectes et changements climatiques" Micropolis (Aveyron), 15 novembre.
- 5) Battisti, A., M. Stastny, et al. (2005). "Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures." *Ecological applications* 15(6): 2084-2096.
- 6) Benmansour, A. (2008). Contribution à l'étude des mécanismes de défaillances de l'IGBT sous régimes de fortes contraintes électriques et thermiques, Bordeaux 1.
- 7) Bentouati, A. (2006). Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* m.) du massif de Ouled Yagoub (Khenchela-Aurès), Université El Hadj Lakhdar de Batna 1.
- 8) Binet, T., A. B. de Battisti, et al. (2015). "Bénéfices patrimoniaux de la protection des sites du Conservatoire du Littoral." *Conservatoire du Littoral*.
- 9) Bonamonte, D., C. Foti, et al. (2013). "Skin reactions to pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* Schiff." *The Scientific World Journal* 2013.

- 10) BOUCHOU, M. L. "Les parasitoïdes embryonnaires de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff et leur importance dans quelques peuplements de pin et de cèdre du Nord de l'Algérie."
- 11) Bouguenna, S. (2011). "Diagnostic écologique, mise en valeur et conservation des pineraies de *Pinus halepensis* de la région de Djerma (Nord-est du parc national de Belezma, Batna)." Mémoire de Master, Université El Hadj Lakhdar-Batna, Algérie.
- 12) Bouhot-Delduc, L. (2005). "Dynamique des populations de la processionnaire du pin et extension de son aire de colonisation de 1981 à 2004 en France." Les Cahier du DSF: 1-2005.
- 13) BOUHOT-DELUDUC, L. and A. LÉVY (1994). "Rôle de la chenille processionnaire du pin dans les dépérissements du pin maritime Landais en 1990 et 1991." Revue Forestière Française, 1994, 5, fascicule thématique "Les dépérissements des arbres forestiers. Causes connues et inconnues".
- 14) BRINQUIN, A.-S. and J.-C. MARTIN (2014). "Les clés pour lutter contre la PROCESSIONNAIRE DU PIN." Les clés pour lutter contre la processionnaire du pin (2014).
- 15) Carcanague, C. (2017). Les chenilles processionnaires du pin et du chêne: risques liés à leurs envenimations et à leur expansion sur le territoire français, conseils et traitements associés.
- 16) Dajoz, R. (1996). Précis d'écologie, Dunod.
- 17) Démolin, G. (1969). Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Dispersion spatiale, importance écologique. Annales des Sciences Forestières, EDP Sciences.
- 18) Démolin, G., B. Frérot, et al. (1994). "Réflexions biosystématiques sur toutes les processionnaires du genre *Thaumetopoea* Lep. *Thaumetopoeidae*, considérées comme ravageurs importants des cèdres *Cedrus libani* Barrel et *Cedrus atlantica* Manetti sur le pourtour du bassin méditerranéen." Ann. Rech. For: 577-591.
- 19) Dulaurent, A.-M. (2010). Effet de la diversité des essences forestières sur les niveaux de population de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*), à différentes échelles spatiales, dans la forêt des Landes de Gascogne, Bordeaux 1.

- 20) Dusaussoy, G. and C. Geri (1969). Étude des fluctuations du niveau de population de la processionnaire du Pin dans la vallée du Niolo en Corse (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.): dispositif d'étude et premiers résultats. Annales des Sciences Forestières, EDP Sciences.
- 21) Erlandson, M. and M. Goettel "Agents microbiens pour le contrôles des insectes ravageurs." Bulletin IBP(3-2004).
- 22) FOREST, S. C. "SENSIBILITE A LA CHENILLE PROCESSIONNAIRE (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) CHEZ DEUX ESPECES DE PINS (*Pinus halepensis* Mill. ET *Pinus brutia* Ten.): CAS DU REBOISEMENT DE SENELBA CHERGUI (DJELFA)."
- 23) Geri, C., C. Miller, et al. (1985). Mesure des populations de processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff-Lepidoptere *Thaumetopoeidae*) au Mont-Ventoux. Annales des sciences forestières, EDP Sciences.
- 24) Graf, P. and M. Mzibri (1994). "L'infestation du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* Manetti par la chenille processionnaire du pin au Maroc et son impact sur la productivité." Ann Rech For Maroc 2: 613-624.
- 25) Grojean, A.-L., C. de Baudouin, et al. "Incidences environnementales et sanitaires des chenilles processionnaires et de leurs traitements en France."
- 26) GUIT, B., B. NEDJIMI, et al. (2015). "Dendroécologie du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en fonction des paramètres stationnels dans le massif forestier de Senalba (Djelfa, Algérie)."
- 27) HUCHON, H. and G. DEMOLIN (1970). "La bioécologie de la Processionnaire du pin: dispersion potentielle, dispersion actuelle." Revue Forestière Française, 1970, S, fascicule thématique "La lutte biologique en forêt".
- 28) Imbert, C.-E. (2012). Expansion d'un ravageur forestier sous l'effet du réchauffement climatique: la processionnaire du pin affecte-t-elle la biodiversité entomologique dans les zones nouvellement colonisées?, Université d'Orléans.

- 29) Jacquet, J.-S. (2012). Impacts des défoliations de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) sur la croissance du pin maritime (*Pinus pinaster*), Thèse doctorat, Université de Bordeaux.
- 30) Laala, A. and D. Alatou (2017). "Interpolation spatiale des températures mensuelles en Algérie orientale." Rubrique: Climatologie.
- 31) Lemoine, B. (1977). Contribution à la mesure des pertes de production causées par la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) au pin maritime dans les Landes de Gascogne. Annales des Sciences Forestières, EDP Sciences.
- 32) Mirchev, P., G. Georgiev, et al. (2016). "IMPACT OF LOW TEMPERATURES ON PINE PROCESSIONARY MOTH (*Thaumetopoea pityocampa*) LARVAL SURVIVAL IN BULGARIA." *Silva* 17: 1.
- 33) Monod, T. (1992). "Du désert." *Science et changements planétaires/Sécheresse* 3(1): 7-24.
- 34) Mutin, G. (1977). *La Mitidja: décolonisation et espace géographique*, Éditions du CNRS.
- 35) NICHANE, M. (2011). Contribution à l'étude de l'entomofaune de quelques espèces résineuses de la région des Traras Occidentaux (W. Tlemcen).
- 36) Parde, J. (1957). "La productivité des forêts de Pin d'Alep en France."
- 37) Quezel, P. (1986). "Les pins du groupe «Halepensis»: écologie, végétation, écophysologie." *Options méditerranéennes*: 11-24.
- 38) Quézel, P. (1992). "Le pin d'Alep et les espèces voisines: répartition et caractères écologiques généraux, sa dynamique récente en France méditerranéenne." *Forêt Méditer* 13: 158-170.
- 39) Quezel, P. and S. Santa (1962). "Nouvelle Flore de l'Algérie 1." Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- 40) Raison du Cleuziou, Y. (2011). "Philippe Riou, Louis-Michel Nageleisen, François-Xavier Saintonge, Dominique Piou, La santé des forêts. Maladies, insectes, accidents climatiques..."

- Diagnostic et prévention. Département de la santé des forêts, Institut pour le développement forestier, Paris, 2010, 608 pages." Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie 2(3).
- 41) Ramade, F. (1984). "Effet d'une pollution chronique des eaux continentales sur la structure d'un peuplement." Exposé présenté le 16: 3-1984.
- 42) Rivière, J. (2011). Les chenilles processionnaires du pin: évaluation des enjeux de santé animale.
- 43) 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.), Bordeaux 1.
- 44) Sghaier, T., Y. Ammari, et al. (2001). Croissance en hauteur dominante et classes de fertilité du pin d'Alep. Annales de l'INRGREF.
- 45) SNANE, M. H. and E. HAMZA (1992). "Dynamique de la croissance juvénile du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) sous deux techniques de reboisement dans la zone subhumide du Cap-Bon tunisien."
- 46) Zamoum, M., H. Guendouz, et al. (2007). "Structure des communautés d'ennemis naturels de *Thaumetopoea pityocampa* Denis & Schiffermüller (Lep., Thaumetopoeidae) sur pin d'Alep en Algérie subsaharienne." *Entomologica: Annali di Entomologia Generale ed Applicata*(40): 139-151.
- 47) Zergane, A. (2011). Séparation des représentations des groupes de Lie par des ensembles moments, Dijon.
- 48) Ziouche, S., F. Baali, et al. (2017). "Strategies for choosing location of winter nests of *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermüller, 1775) in three pine forests of Bordj Bou Arreridj region (Algeria)." *AgroBiologia* 7(2): 412-426.
- 49) Naima, B. CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'EXTENSION ET DU COMPORTEMENT DU PIN D'ALEP (*Pinus halepensis* Mill.) DANS LA CHENAIE MIXTE DU PARC NATIONAL DE THENIET-ELHAD (W .TISSEMSILT) UNIVERSITÉ de TLEMCEN Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers.

- 50) BOUCEDDI, N. CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'EXTENSION ET DU COMPORTEMENT DU PIN D'ALEP (*Pinus halepensis* Mill.) DANS LA CHENAIE MIXTE DU PARC NATIONAL DE THENIET-ELHAD (W .TISSEMSILT) UNIVERSITÉ de TLEMCEM Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers.
- 51) Santé, A. r. d. "Direction régionale et interdépartementale De l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt, Note d'information à l'adresse des communes d'Ile-de-France pour la prévention des effets sanitaires des épisodes de prolifération de chenilles urticantes ". from www.driaaf.ile-de-france.agriculture.gouv.fr.
- 52) d'Armor., D. d. C. " La chenille processionnaire du pin m Éléments de connaissance et moyens de lutte sur les espaces naturels sensibles." 8.
- 53) Guignand, G. (2017). Zones Non Agricoles Espaces Verts :2017 - Processionnaire du pin, Bulletin de Santé du Végétal. Auvergne Rhône-Alpes: 6-7.
- 54) Jean-Claude, M. and B. Catherine La chenille processionnaire du pin.
- 55) Jean-Claude Martin (2007). "Le cycle biologique de la processionnaire du pin. ."
- 56) forêts, D. d. l. s. d. (2011). INFORMATION SANTÉ DES FORÊTS.
- 57) ZIOUCHE Sihem, B. F., MOUTASSEM Dahou et DJAZOULI Zahr-Eddine.
- 58) Nacira., T. M. e. Z. (2007). Effet de la contrainte thermique (hautes et basses températures) sur les jeunes plants du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans la région de M'sila. : 32
- 59) Abdelkarim., L. (2017). Contribution à l'étude de la productivité du pin d'Alep dans la forêt de Zariffet (Wilaya de Tlemcen) 46.
- 60) Duranteau, T. (2011). "« La forêt n'arrive plus à mettre un pin devant l'autre, les chenilles lui ont coupé l'herbe sous les pieds » ".
- 61) Ministère de l'Agriculture. (2013). Bilan de la surveillance de la chenille processionnaire du pin en foret.
- 62) Boutchiche, F. and S. Boutrigue (2016). Caractérisation morphométrique de la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) et de son hôte au niveau de la wilaya de Tlemcen. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers, Université de Tlemcen.

63) d'Armor., D. d. C. " La chenille processionnaire du pin m Éléments de connaissance et moyens de lutte sur les espaces naturels sensibles." 8.

Sites web :

- ✓ www.schmetterling-raupe.de/art/pityocampa.htm
- ✓ <http://www.ciheam.org/>
- ✓ <http://www.lamesangeverte.com/la-chenille-processionnaire-du-pin-cycle-de-vie.html>
- ✓ <https://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/zoologie-chenille-processionnaire-pin-700/page/2/#c700>
- ✓ http://www.futura-sciences.com/fr/doc/t/zoologie-1/d/la-chenille-processionnaire-du-pin_700/c3/221
- ✓ www.driaaf.ile-de-france.agriculture.gouv.fr
- ✓ https://www6.paca.inra.fr/entomologie_foret_med
- ✓ www.agriculture.gouv.fr
- ✓ www.avignon.inra.fr
- ✓ www.inra.fr
- ✓ www.onf.fr
- ✓ www.zoologie.vd.ch
- ✓ <http://www.tela-botanica.org/bdtx-nn-75290-illustrations>
- ✓ http://www.pyrgus.de/Thaumetopoea_pityocampa_en.html

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 *Thaumetopoea pitycampae*, 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 Sour El Ghozlane et Bourdj Khris dans la wilaya de bouira. 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 par rapport 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 croisée sont réalisées par le logiciel statistica.

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. Bouira, Sour Elghouzlane, Bourdj Khris.

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 pitycampae*, 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 Sour El Ghozlane and Bourdj Khris in the stat of Bouira. 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 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* ; Bouira, Sour Elghouzlane, Bourdj Khris.

ملخص

الأنظمة الإيكولوجية للغابات هي ثروة طبيعية ، تخضع لمتغيرات مختلفة تحافظ على تنوعها وإنتاجيتها.

تغطي المناطق الغابية في الجزائر مساحة تبلغ حوالي 4 ملايين هكتار وتحتل مساحة غابات الصنوبر الحلبي المركز الأول بنسبة تغطية تقدر بـ35٪.

بالإضافة إلى الخسائر الناجمة أساسا عن العوامل البشرية، الحرائق، والاستغلال المفرط، فالصنوبر الحلبي يتعرض لآفات حشرة الجاذوب *Thaumetopoea pitycampa*، التي تعتبر من الحشرات الرئيسية الآكلة لأوراق أشجار الصنوبر.

الهدف من دراستنا هو تقديم معلومات عن إصابات الصنوبر في منطقة سور الغزلان . البيانات المجمعة تمكن من لتحديد وفرة الاعشاش في مناطق البحث وكيفية توزيع هذه الأنواع على أساس عدة متغيرات: اتجاه التعرض، والارتفاع على مستوى سطح البحر وطول اشجار الصنوبر الحلبي. أجريت عملية أخذ العينات في أربع محطات مختلفة ، وفقاً لخطة منتظمة لأخذ العينات وفق مجبط متعرج.

تمت معالجة تعداد الاعشاش الشتوية ، وطول الاشجار ، ومواقع الأعشاش على مستوى الأشجار ، و جهة تعرض الأعشاش للجهات الاربعة الأساسية بواسطة Excel 2007 و تم تنفيذ تحليل التباين والتحليل المتقاطع بواسطة برنامج statistica.

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 و طول الاشجار 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 الاشجار، حشرة الجاذوب، الصنوبر الحلبي، صور الغزلان، برج خريس، البويرة.