

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

FACULTE SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES
AGRONOMIQUES
N° : 01/DSA/VCDPGR/2023



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

Mémoire présenté pour l'obtention
du diplôme de Master Académique

Par: **BENGUESMIA Boubekeur**

Intitulé

Suivi des attaques de la chenille processionnaire du pin :
Thaumetopoea pityocampa (Denis & Shiffermuller,
1775) (Lepidoptera: Notodontidae) dans la région de
Djebel Messaad (Wilaya de M'Sila)

Soutenu devant le jury composé de:

M. CHERIEF Abdelkader	MAA	Université Med BOUDIAF- M'SILA	Président
M. MIMECHE Fateh	Prof.	Université Med BOUDIAF - M'SILA	Rapporteur
M. ZEDAM Abdelghani	Prof.	Université Med BOUDIAF- M'SILA	Examinateur

Année universitaire : 2022 /2023

Dédicace

C'est avec un grand plaisir que Je dédié ce travail en exprimant ma profond gratitude Particulièrement a :

- * La mémoire de mon père et mes frères*
- * Ma chère maman.*
- * Mon épouse qui ne ce seder de m'encourager.*
- * Mes enfants «Mohamed-Saïd et Anes» Mes belles fleurs «Ihcene. Insaf et Fatima-Zahra» est que dieu nous les protèges.*
- * Mes chers amis et partenaires.*

Tous ceux qui me sont chers.

Boubekeur.

Remerciement

*Al' issue de ce travail, nous remercions avant tout **DIEU**, tout puissant De nous avoir donné La volonté, courage et patience pour réalisé ce modeste travail.*

Aprè Je tiens à exprimer mes vifs et sincères remerciements a ceux et celles qui de près ou de l'oins contribué aux réalisations de ce travail mémoire particulièrement a:

*Monsieur **Fateh Mimeche**, Professeur au département de Sciences Agronomiques, notre encadreur pour avoir accepté de diriger ce travail, pour ses conseils, ses orientations et le temps qu'il m'a consacré, Je lui en garde une profonde gratitude.*

*Monsieur **Abdelkader Cherief**, Maître assistant –A- et chef de département des Sciences Agronomiques pour l'intérêt qu'il porte à ce travail et pour m'avoir témoigné sa confiance en acceptant de présider le jury .*

*Monsieur **Zedam Abdelghani**, Professeur au département de Sciences Agronomiques qui m'ont honoré de bien vouloir accepter d'être membres de mon jury et de juger mon travail*

En fin, Je tiens à remercie également toutes les personnes de près ou de loin qui ont contribue à ce travail.

Boubekeur.

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Abréviation

Introduction

Chapitre I : Généralité sur les forets

1.1. Généralité	03
1.2. Situation du secteur forestier en Algérie.....	03
1.2.1. Localisation.....	03
1.3. Rôles des forets.....	04
1.3.1 Limiter les causes de désertification	04
1.3.1.1. Cycle hydrique et la régulation de climat.....	06
1.3.1.2. Stabilisation et la qualité de sol.....	06
1.3.2. Lutttes contre la pauvreté	06
1.4. Ravageurs de la forêt.....	06
1.4.1. Ravageurs primaires.....	07
1.4.2 .Ravageurs secondaires.....	07
1.4.3. Phytophages.....	07
1.4.4. Xylophages.....	07
1. 4.5. Défoliateurs.....	07
1.5. Méthodes de lutte en foret.....	07
1. 5.1. Méthodes culturales.....	08
1.5.2. Méthodes Génétique	08
1.5.3. Méthode Chimique.....	08
1.5.4. Méthodes biologique	09
2. Plant hôte "Le pin d'Alep".....	10
2.1. Généralité.....	10
2.2. Systématique	10
2.3. Répartition du pin d'Alep en Algérie.....	11
2.4. Caractères botaniques.....	12
2.5. Plasticité écologique du pin d'Alep.....	12
2. 6. maladies du pin d'Alep.....	12

Chapitre II : La processionnaire du pin

1. L’historique et position systématique de l’insecte.....	14
2. Identification.....	15
3. Répartition géographique.....	15
4. Biologie de la processionnaire	16
4.1. Pant.....	16
4.2. Stades larvaires.....	17
4.3 Processions de nymphose.....	18
4.4. Chrysalides.....	19
4.5. L’adulte.....	19
5. Dégâts de l’insecte.....	20
5.1. Dégâts sur la plante hôte	20
5. 2. Dégâts sur l’homme et les animaux.....	21
5. 3. Dégâts économiques	22
6. Méthodes de lutte.....	22
6.1 Mesurés préventives	22
6.2 Méthodes mécaniques.....	22
6.3 Piégeage.....	23
6.3.1 Piégeage des chenilles par éco-pièges.....	23
6.4 Lutte chimique	23
6.5. Lutte biologique.....	24
6.5.1. Lutte biologique par conservation	24
6.5.2. Lutte biologique classique (introduction, lâchers d’auxiliaires)	24
6.6. Lutte microbiologique bactériologique	24
6.5.3 Lutte biologique classique (introduction, lâchers d’auxiliaires).....	24
6.5.4 Lutte biologique par conservation.....	24
7. Ennemis naturels.....	24
7.1 Prédateurs	25
7.2 Parasitoïdes.....	25

Chapitre III: Matériels et Méthodes

1. Présentation de la région d’étude.....	27
1.1. Situation et limites de la Daïra de Djebel Messaad	27
1.2. Caractéristique de la zone d’étude	29
1.2.1. Caractéristique climatiques.....	29
1.2.1.1 .Température	29
1.2.1.2. Vent.....	30

1.2.3. Couvert végétal.....	30
1.2.3.1. Végétation.....	30
1.2.3.1.1. Principaux groupements végétaux.....	30
1.3 Sites d'études	31
1.3.1. Zone de Kherbeche.....	31
1.3.2. Zone de Boudenzir.....	32
2. Méthodologie de travail.....	34
2.1 Introduction.....	34
2.3. Échantillonnage et dénombrement.....	34
2.4. Indices écologiques.....	34
2.5. Traitement statistique des données.....	35
Chapitre III : Résultats et discussion	
1. Suivi biologiques de procession de CP.....	36
2. Effet de l'altitude sur le taux d'infestation de <i>T. pityocampa</i>	37
3. Densité de CP par les nids d'hiver	38
4. L'effet des directions cardinales sur le taux d'infestation de <i>T. pityocampa</i>	39
5. Indices écologiques.....	41
6. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC).....	41
Conclusion	44
Références bibliographiques	46

Liste des Figures	Page
Figure 01 : Carte des principales essences forestières en Algérie.....	04
Figure 02 : Délimitation des steppes algériennes.....	04
Figure 03 : Situation géographique du barrage vert "Algérie Manchon des œufs.....	05
Figure 04 : Pin d'Alep (<i>Pinus halepensis</i> Mill.).....	11
Figure 05 : Aire de répartition naturelle du pin d'Alep en Algérie.....	11
Figure 06 : Chenille processionnaire du pin.....	14
Figure 07 : Carte de la distribution de la chenille processionnaire du pin en Algérie.....	16
Figure 08 : Manchon des œufs.....	16
Figure 09 : Femelle entrain de pante.....	16
Figure 10 : différents stades larvaires.....	16
Figure 11 : Dégâts.....	18
Figure 12 : Nid d'hiver.....	18
Figure 13 : Procession.....	18
Figure 14 : Chrysalide mâle (à gauche) et chrysalide femelle (à droite) extraites de leur cocon.....	19
Figure 15 : Papillon de <i>Thaumetopoea pityocampa</i>	20
Figure 16 : Cycle de vie de la processionnaire du pin.....	20
Figure 17 : Dégâts de la processionnaire du pin sur pin d'Alep.....	21
Figure 18 : Piégeage des chenilles par éco-pièges.....	23
Figure 19 : Principaux auxiliaires de la chenille processionnaire du pin.....	26
Figure 20 : Situation géographique de la forêt de Djebel Messaad dans la wilaya de Msila.....	27
Figure 21 : Carte des sous-secteurs phytogéographiques de l'Algérie du Nord.....	28
Figure 22 : Photo satellite de la station " Kherbeche " forêt de Djebel messaad	32
Figure 23 : Vue générale de La forêt de " Kherbeche.".....	32
Figure 24 : Photo satellite de la station " Boudenzir" de la bande vert.....	33
Figure 25 : Vue générale de La forêt de Barrage vert " Boudenzir.....	33
Figure 26 : Nombre total moyen des nids de la chenille processionnaire chez <i>P halepensis</i> dans les deux sites étudiés.....	37

Figure 27 :	Boxplot des nids par arbre de la chenille processionnaire chez <i>P. halepensis</i> dans les deux sites étudiés.....	39
Figure 28 :	L'effet d'orientation cardinale de la chenille processionnaire chez <i>P. halepensis</i> dans les deux sites étudiés.....	39
Figure 29 :	Indices de similarité des stations.....	40
Figure 30 :	Analyse Factorielle des Correspondances des facteurs.....	42

Liste des tableaux

	Page
Tableau 01: Moyennes mensuelles des températures enregistrées par station	29
Tableau 02 : Impacts du changement climatique sur les écosystèmes forestiers.....	29
Tableau 03: Répartition du patrimoine forestier dans la circonscription de Djebel Messaad	30
Tableau.04 : Données générales sur les deux sites d'étude.....	31
Tableau 05 : Cycles biologiques de CP dans la forêt de Djebel Messaad.....	36
Tableau 06 : Densité de CP par les nids d'hiver.....	37
Tableau 07 : Indices écologiques calculés dans la région d'étude.....	41

Liste des Abréviations

FAO : l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

DGF : Direction Générale des Forêts.

INRF : institut nationale de recherche forestière

INRA : institut nationale de la recherche agronomique

Fig : Figure

Tab : Tableau

T.min : Température Minimale.

T.max : Température Maximale.

T.moy : Température Moyenne.

P : Précipitation.

Q2 : Quotient pluviométrique

CP: Chenille processionnaire du pin (*T. pityocampa*)

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

°C : Degré Celsius

Km : kilomètre

Kg : kilogramme

Introduction

La forêt est un écosystème complexe qui englobe une grande diversité d'espèces animales et végétales. La surface forestière mondiale est d'environ 2,4 à 6 milliards d'hectares, soit près de 25% de la surface des continents (Bouhraoua, 2003).

La forêt méditerranéenne est l'une des plus importantes du monde, elle occupe environ 65 millions d'hectare des forêts arborées et 19 millions des sub-forestières (Seigue, 1985), sa délimitation repose sur des critères bioclimatiques et phytogéographiques (Ramade, 1997). Ces forêts présentent un intérêt remarquable du point de vue de leur richesse spécifique végétale, autant au niveau des essences qui les constituent, que des espèces qui participent au cortège des habitats qu'elles individualisent (Quézel, 1974; Gomez 1985 in Quézel, 1999).

Le patrimoine forestier algérien, s'étend sur 4,1 millions d'hectares, dont l'espèce *Pinus halepensis* (Le pin d'Alep) occupe plus de 881.000 hectares (Ziouche et Al, 2017). Le pin d'Alep est l'espèce dominante par ces peuplements et ces répartitions sous forme de grand massif sur ensemble du nord algérien. Cette espèce localisée dans la majorité des variantes bioclimatiques méditerranéennes de l'Algérie peuplant même les zones les plus hostie les émerge du Sahara et de la steppe (Mezali, 2003).

L'Algérie, au même titre que les pays nord africains, fait face ces dernières années à la dégradation continue de ses écosystèmes. Cette dégradation est causé la désertification qui est le stade le plus avancé, se traduit par la réduction du potentiel biologique et par la rupture des équilibres écologique et socio- économique.

Depuis des années la situation des forets algériennes est deveniez très grave .elle peut être expliqué par plusieurs facteurs (les incendies- les coupes de bois- le surpâturage- le dépérissement). L aspect phytosanitaire et sont doute et aussi un facteur important à cote des autres facteurs naturelles ajoutant les conditions climatiques sèvres surtout les derrières années. À cela s'ajoute l'effet de la chenille processionnaire, même si elle est bénéfique à la biodiversité, lorsqu'elle ne dépasse pas le taux de propagation de 20 %, la chenille peut s'avérer un destructeur en puissance des pinèdes algériennes (Bentouati, 2005).

La présence répétée d'un ravageur dans un même endroit perturbe toujours l'équilibre biologique et limite la richesse naturelle et vivant et la protection de la nature contre les différents problèmes.

Ces attaques des insectes être la conséquence de leurs activités alimentaires et se traduire par la détérioration d'organes ou des altérations et des déformations préjudiciables

a la vitalité ou la structure des arbres atteints (Riba. et Silvy, 1989) 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).

Le pin d'Alep est l'arbre hôte de chenille processionnaire du Pin prédilection vu de ses qualités sylvoles et dendrométriques qui lui assuré nourriture, lieu de reproduction et refuge pendant la phase aérienne de sa vie avant de s'enfourir pour ressortir papillon et recommencer un nouveau cycle de vie. L' insecte nous fait perdre en moyenne 50.000 à 100.000 ha/an voire plus dans les reboisements. Elle se nourrisse d'aiguilles de pins et de cèdres, il en résulte une perte de croissance effectivement importante en cas de défoliations répétées (Bachir, 2019). Les insectes défoliateurs causent des épidémies à grande échelle. Qu'ils soient permanents ou cycliques, ils peuvent endommager la productivité des forêts. Contrairement à certains ravageurs qui engendrent la mort systématique de l'arbre hôte, les dégâts des insectes défoliateurs sont plus difficiles à être maîtrisés dans l'environnement (Vepakomma et al. 2017).

La région de Djebel Messaad (wilaya de Msila) qui fait l'objet de cette étude, est un massif forestier de la chaîne de l'Atlas Saharien. Il héberge une Pinède naturelle de pin d'Alep qui représente plus de la moitié de la superficie. Ce massif présente un rôle de protection très important. Il contribue au maintien de la barrière protectrice qui permet aux Hauts Plateaux de conserver leur caractère de steppe à alfa en les abritant des influences désertiques. Vu l'importance de cette région et car les attaques sont très marquées et les dégâts sont importants et pour connaître partiellement le cycle biologique de l'insecte et les niveaux de l'infestation du ravageur et l'importance des nids d'hiver dans cette zone on a choisi deux stations différentes la première d'un forêt naturelle et l'autre d'un reboisement de barrage vert.

Cette étude faite suite aux travaux réalisés a la région de steppe sur La chenille processionnaire du Pin qui fait l'objet de plusieurs travaux, notamment ceux de Bachir et al, (2017), Sahnoune et Chibane (2018), Boumazouza, (2020), Belhimeur et al, (2021) et Kherifi et Mansour, (2022).

Le présent document est composé de deux parties: Une partie bibliographique comporte deux chapitres, portier des synthèses des connaissances bibliographiques sur les forêts, la plante hôte et le ravageur et une partie expérimentale qui comporte deux chapitres : Le premier réservé aux matériels et méthodes et le seconde consacré aux résultats et discussion. Enfin, on clôture avec une conclusion.

Chapitre 1 : Généralité sur les forêts et le pin d'Alep

1.1. Généralité

Selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), une forêt est un territoire occupant une superficie d'au moins 0,5 hectare, avec des arbres atteignant ou capables d'atteindre une hauteur supérieure à 5 m et un couvert arboré de plus de 10 %. Cette définition exclut logiquement les terres à vocation agricoles ou urbaines prédominantes. En effet, les forêts sont également des zones abritant une biodiversité exceptionnelle près de la moitié de la flore et de la faune connues dans le monde sont rassemblées dans les forêts et jouant un rôle déterminant au profit de la fertilité des sols, de la qualité des eaux et de la régulation du climat. Par ailleurs, elles représentent un abri pour certaines populations autochtones et fournissent de nombreuses matières premières à l'humanité (production de bois, de viandes de brousse, de plantes médicinales...). De plus, les forêts possèdent une fonction sociale, patrimoniale, historique et culturelle qu'il nous faut prendre en compte et protéger.

1.2. Situation du secteur forestier en Algérie

La surface forestière était initialement de 7 millions d'hectares, cette surface n'est actuellement que 4.1 millions d'hectares Selon Kadik (1987), (DGF, 2000).

1.2.1. Localisation

La forêt algérienne de type méditerranéen est localisée sur l'entière partie septentrionale du pays et limite au sud par les monts de l'Atlas saharienne. En effet, ces taux décroissent d'Est en Ouest et du Nord au Sud plus particulièrement. La forêt algérienne est constituée par une variété d'essences appartenant à la flore Méditerranéenne (Oulmouhoub, 2005). On peut distinguer deux principales zones bien différentes :

-Le littoral et surtout les chaînes côtières l'Est du pays c'est l'aire de répartition de deux essences principales, à savoir : le chêne liège et le chêne zen.

-Les hautes plaines continentales, représentées par les régions steppiques situées entre les chaînes côtières et l'Atlas Saharien. (Fig. 01).

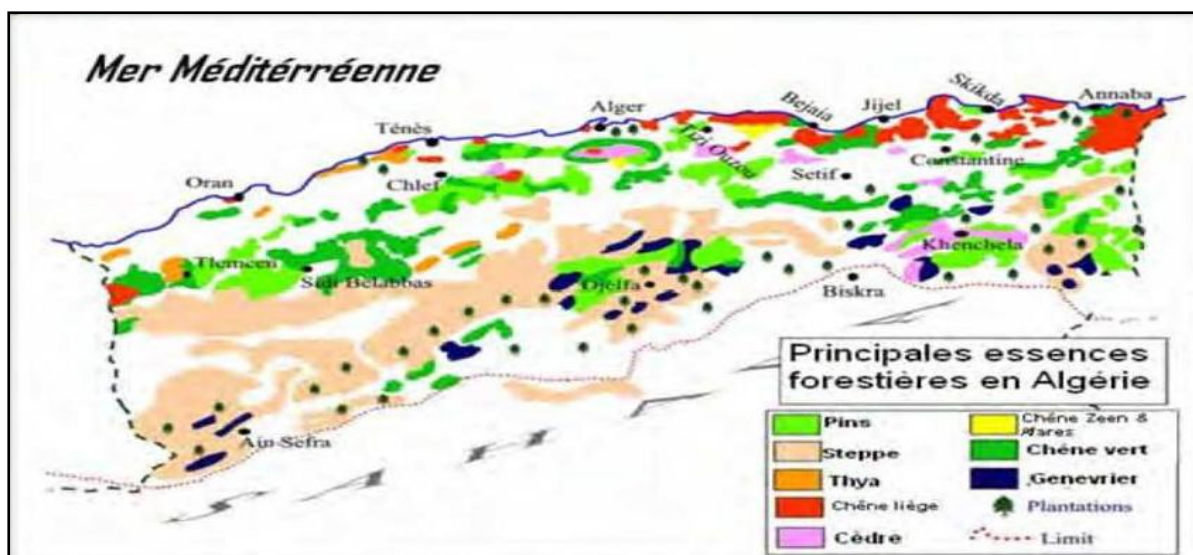


Figure 01 : Carte des principales essences forestières en Algérie INRF.

1.3. Rôles des forêts

1.3.1. Limiter les causes de désertification

La désertification, en Algérie, concerne essentiellement les steppes des régions arides et semi-arides des hauts plateaux (Fig. 02). Qui représentant près de 84% du territoire national, ces parcours naturels, estimés à 32 millions d'hectares, qui jouent un rôle fondamental dans l'économie agricole du pays sont soumis à des sécheresses récurrentes et à une pression anthropique croissante ; surpâturage et défrichage des parcours, exploitation de terres impropres aux cultures, l'avancée du sable vers le nord, d'où la réduction du potentiel biologique et la rupture des équilibres écologique et socio-économique.

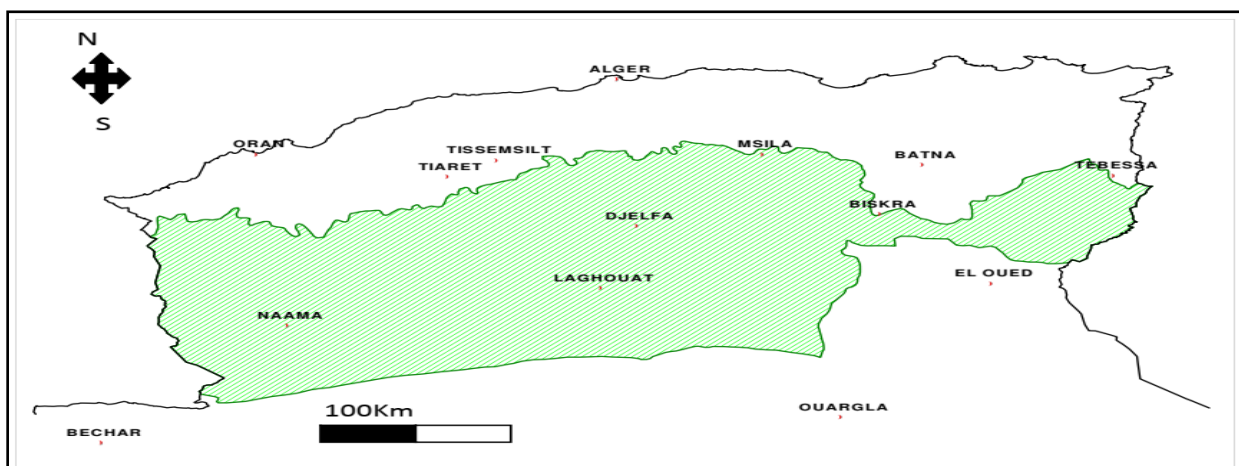


Figure 02 : Délimitation des steppes algériennes (Nedjraoui., et al.2008)

C'est ainsi qu'il est programmé des mesures curatives dans la stratégie de lutte contre la désertification une démarche très ambitieuse pour réaliser le mégaprojet du Barrage vert lancé au début des années 1970, projet qui relie les frontières algériennes occidentales aux frontières orientales sur une distance de 1500 km avec une largeur moyenne de 20 km, soit une superficie ainsi réalisée de 03 millions d'hectares de reboisement dont le rendement varie par endroit de 50 à 100% (Fig. 03). La consolidation de cette ceinture verte vise à protéger le Nord du pays de la désertification en représentant une grande barrière contre l'ensablement et la désertification (DGF. 2021)



Figure 03 : Situation géographique du barrage vert en Algérie. (Zehraoui et Kadik 2020)

La conception classique considère que les Pinèdes représentent une forêt méditerranéenne typique (Braun Blanquet, 1936 ; Rikli, 1943 in Quézel, 1990). Djebel Messaad qui fait l'objet de cette étude, est un massif forestier de la chaîne de l'Atlas Saharien. Il héberge une pinède naturelle qui représente plus de la moitié de la superficie totale, avec la prédominance du genévrier de Phénicie, du chêne vert et du genévrier oxycédre (Lattoui, 1996). Ce massif présente un rôle de protection très important. Il contribue au maintien de la barrière protectrice qui permet aux Hauts Plateaux de conserver leur caractère de steppe à alfa en les abritant des influences désertiques. Il joue alors le rôle de la

barrière verte (Compagne Nationale d'Aménagement de la région du Bas-Rhone et du Languedoc de Montpellier, 1976).

1.3.2. Cycle hydrique et la régulation de climat

Les arbres absorbent l'eau du sol et agissent comme de puissantes pompes à eau. Par la suite, les arbres et les plantes transpirent libérant ainsi tranquillement l'eau absorbée dans l'atmosphère. Environ 95% de l'eau absorbée par une plante est libérée par la transpiration tandis que seulement 5% sert à sa croissance et à son activité métabolique. Elles constituent, derrière les océans, le deuxième plus grand puits de carbone de la planète. Selon des données publiées dans le rapport spécial du GIEC sur la désertification et la dégradation des terres dans le monde, d'août 2019, le sol et la couverture végétale et boisée des forêts contribuent à absorber 30 % des émissions de gaz à effet de serre. Par ailleurs, il apparaît que les forêts primaires qui sont les plus menacées offrent les capacités de stockage du carbone les plus importantes.

1.3.3. Stabilisation et la qualité de sol

Grace à leur système racinaire, les arbres stabilisent le sol, ce qui diminue le risque d'érosion. En effet sans le couvert forestier les sols sont grandement exposés au vent et aux pluies fortes qui sont les deux principaux facteurs responsables de l'érosion et de la dégradation de sol .La plantation d'arbres dans les zones arides et semi arides du globe permettent de diminuer l'expansion des déserts et de stabiliser les dunes nécessaires à la protection des terres agricoles.

1.3.4. Lutttes contre la pauvreté

Les forêts jouent un rôle très important dans la lutte contre la pauvreté en procurant des moyens de substance aux 820 millions de personnes dont 251 millions se trouve en dessous du seuil de pauvreté .Par ailleurs, environ 2.4 milliards de personnes dans le monde utilisent des combustibles ligneux pour cuisiner ou pour chauffer leur habitation.

1.4. Ravageurs de la forêt

Un ravageur forestier est tout organisme vivant qui peut causer des dommages aux forêts, ou aux produits forestiers. Ces organismes peuvent être des insectes, des araignées, des acariens, des nématodes, des champignons, des bactéries, des virus, des adventices (y compris des adventices ligneuses), des mammifères et d'autres animaux sauvages et des plantes parasites comme le gui. Ces ravageurs peuvent affecter négativement la croissance, la vigueur et la survie des arbres et réduire la qualité du bois et des produits non ligneux.

1.4.1. Ravageurs primaires

On trouve dans cette catégorie les insectes qui peuvent évoluer sur des arbres sains. C'est le cas des insectes défoliateurs, des insectes des méristèmes et plusieurs ravageurs xylophages (Saperdes, Cossus). Les défoliateurs, représentés par les chenilles des lépidoptères et les larves et les larves de tenthrèdes, sont les plus importants ravageurs primaires forestiers.

1.4.2. Ravageurs secondaires

Les ravageurs secondaires sante des insectes d'importance économique moindre que les ravageurs primaires. Beaucoup d'entre eux peuvent causer d'énormes dégâts (Les scolytes par exemple). Ce sont les insectes dont les possibilités d'attaque et de la multiplication sur l'arbre sont dépendantes d'un état physiologique déficient de ce dernier.

1.4.3. Les phytophages

La phytophage représente le type alimentaire pour l'immense majorité des Orthoptères, Homoptères, Lépidoptères. Seuls quelques espèces sont très polyphages, la plupart des insectes effectuent un choix plus ou moins rigoureux, étant soit des oligophages, soit des monophages stricts. Toute les parties de la plante peuvent être consommées mais généralement par des différents insectes, l'insecte se spécialisant également pour le niveau de la plante dont il se nourrit.

1.4.4. Les xylophages

Les organismes xylophages, que ce soient des bactéries, des champignons ou des insectes, se nourrissent de la cellulose ou de la lignine du bois vivant ou mort .Ce sont des décomposeurs. Les xylophages les plus connues sont les termites, vrillettes, hespérophanes, sirex et lyctus. Ces insectes comportent quatre stades de développements : l'œuf, la larve, la chrysalide (ou pupe) et la forme adulte.

1.4.5. Les défoliateurs

Ce sont surtout des lépidoptères (bombyx, cheimatobies, noctuelles, processionnaires, pyrales, tordeuses,) des coléoptères (charançons, cétoines, chrysomèles), des hyménoptères (tenthrèdes) et des orthoptères (criquets, sauterelles, éphippigères,).

1.5. Méthodes de lutte en forêt

Le caractère pérenne des peuplements forestiers justifie des méthodes de lute différents dans leur conception de celles appliquées en agriculture et en arboriculture fruitière. Ces méthodes doivent être d'un prix de revient supportable compte tenu e revenu relativement faible du forêt par rapport aux autres spéculations agricoles. Les méthodes de lutte contre les insectes impliquent une connaissance approfondie du cycle biologique du ravageur et une

surveillance permanent pour tenter de prévoir les pullulations et définir les modalités d'intervention. les méthodes de défense

1. 5.1. Méthodes culturales

Elles consistent à mettre l'hôte à l'abri d'attaques par une bonne hygiène des peuplements, à réduire l'extension des parasites par l'exploitation rapide des arbres atteints, à éviter les blessures qui représentent la voie d'infection la plus fréquente dans le cas des maladies cryptogamiques, à assurer aux peuplements les meilleures conditions d'existence pour les rendre plus résistants aux attaques de ravageurs et aux maladies. Les principes fondamentaux d'une sylviculture adaptée reposent sur l'application de bonnes règles culturales et une pratique correcte de l'exploitation et de la vidange des bois. L'introduction de plants ou de bois d'origine étrangère doit être surveillée attentivement lorsqu'elle peut s'accompagner de la dissémination d'agents pathogènes ou de ravageurs. Autres méthodes traditionnelles contre les ravageurs forestiers

-Les méthodes mécaniques sont rarement utilisables à grande échelle en raison du coût ou de la pénurie de main-d'œuvre (échenillage) ;

-Les méthodes de piégeage utilisant certaines particularités de la biologie ou du comportement du ravageur, avec recours aux attractifs sexuels, autorisent l'espoir de développements importants dans l'avenir par la fabrication d'appelants sexuels sélectifs ;

- L'emploi d'arbres-pièges, arbres à détruire, rendus artificiellement attractifs au ravageur, est efficace lorsque localement la biologie de l'insecte est bien connue.

1.5.2. Méthodes Génétiques :

La sélection et la multiplication d'hybrides ou de variétés présentant des caractères de résistance aux attaques des ravageurs ou aux maladies cryptogamiques sont parfois l'unique moyen préventif à la disposition du sylviculteur.

Les recherches actuelles s'orientent vers l'utilisation d'espèces résistantes au puceron lanigère du Peuplier, aux parasites actifs tels que les Rouilles, le Rhabdocline du Douglas, le *Marssonina brunnea*...

1.5.3. Méthode Chimique

Elle est peu recommandable et exceptionnelle dans les peuplements forestiers de grande étendue ; elle peut en effet entraver notablement l'action des insectes utiles dans le contrôle naturel des gradations des insectes défoliateurs par exemple. L'intérêt économique d'un traitement coûteux pourra cependant se justifier sur des surfaces limitées, En pépinières par exemple ou dans de jeunes reboisements artificiels elle peut être envisagée pour sauvegarder des reboisements irrémédiablement menacés de destruction (Hylobe par exemple) pour

protéger les semenciers de peuplements de qualité, ou pour éviter l'extension d'un foyer d'infestations. Dans le cas d'attaques cryptogamiques, cette lutte chimique préventive ne vise en réalité qu'à freiner la dissémination des spores par destruction avant maturation du réservoir infectieux ou à empêcher leur pénétration dans l'hôte par interposition d'un écran protecteur. Les quantités de produit à utiliser doivent, dans les limites des doses légalement autorisées, être déterminées en fonction de plusieurs facteurs : type de peuplement forestier à traiter, espèce et âge des sujets, sensibilité de certaines parties de l'arbre à protéger de l'action de la préparation chimique. Leur mise en œuvre implique des observations préalables attentives pour limiter le nombre des applications et les réduire rigoureusement aux zones où elles sont indispensables.

1.5.4. Méthodes biologiques

Elles sont applicables selon des modalités très diverses et les possibilités pratiques de leur utilisation s'étendent de plus en plus. - Contre les ravageurs forestiers : l'utilisation des insectes entomophages (parasites et prédateurs) par introduction des espèces étrangères ou multiplication des espèces locales se heurte souvent à des difficultés d'ordre technique et biologique pour leur élevage et leur production en masse. L'emploi d'agent pathogène (virus bactérien, champignon) en lutte microbiologique est un autre moyen praticable dans les limites de leur spécialité d'action. Des possibilités techniques et économiques de leur multiplication industrielle. Par exemple utilisation des préparations à base de *Bacillus thuringiensis* contre certains lépidoptères (processionnaire du pin, processionnaire du chêne...) outre son efficacité sur le ravageur, son absence de toxicité pour l'homme, les animaux à sang chaud. Les insectes utiles ne perturbent pas le milieu naturel. Contre les maladies cryptogamiques, appuyant sur les antagonismes entre parasites et saprophytes utilise l'action de champignon présentant des propriétés opposées à celle des pathogènes citons à titre d'exemple l'étatisation de souches à virulence atténuée. Contre le chancre du châtaignier et dans le cas de la lutte biologique contre la forme annosus, les applications de produits chimiques stimulant le développement de champignon antagonistes (*Trichoderma*) ainsi que le badigeonnage du champignon lui-même (*Peniophora*) (Riba et Silvi, 1989).

2. Le plant hôte "Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) "

2.1. Généralité

En Algérie, les forêts de pin d'Alep (ou pin blanc) couvrent plus de 850 000 hectares (Mezali, 2003). Cette espèce qui est présente dans tous les étages bioclimatiques, depuis le littoral jusqu'à l'Atlas saharien, trouve son optimum de croissance essentiellement en zone semi aride. Sa grande plasticité et son tempérament robuste ont fait d'elle une essence pionnière de grand reboisement. Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.), est un taxon typiquement méditerranéen, il appartient à la classe des vectrices qui sont aussi appelées résineux, du fait de l'existence d'un appareil sécréteur de résine. Elle est représentée par l'ordre des coniférales, cet ordre doit son nom à la présence de cônes (Messaili, 1995).

2.2. Systématique

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

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

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

Le Pin d'Alep est un arbre toujours vert (Fig.04), vivace (150 ans avec une moyenne de 120 ans) (Bouguenna, 2011), de 20 m de hauteur, au tronc généralement tortueux, à écorce d'abord lisse et grise, puis épaisse et crevassé tournant au rouge-brun avec l'âge. Les arbres jeunes sont de forme assez régulière, les plus âgés dégarnis à la base, ont un houppier plus dispersé, une cime irrégulière peu dense (Seigue, 1985). Les aiguilles fines et souples, et réunies par deux, mesurent 5 à 10 cm de long, de couleur vert jaunâtre. Le pin d'Alep est une plante à fleurs mâles et femelles séparées (monoïque) situées sur le même individu; elles sont groupées en épis. La floraison, au printemps (avril-mai) unisexuée sur les pousses de l'année, les femelles bourgeons écailleux ovoïdes à l'extrémité des rameaux et les mâles

formant des petits chatons chargés de pollen (Seigue, 1985 ; Kadik 1987). Les fruits sont décornés verticillés apparaissent à l'automne sur les arbres adultes.



Figure 04: Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) (Original, 2023).

2.3. Répartition du pin d'Alep en Algérie

Le pin d'Alep couvre 35% des surfaces boisées de l'Algérie du Nord (Mezali, 2003). Il est présent partout, d'Est en Ouest allant du niveau de la mer aux grands massifs montagneux du Tell littoral et de L'Atlas Saharien. Son optimum de croissance et de développement se situe au niveau des versants Nord de l'Atlas saharien où il constitue des forêts importantes.

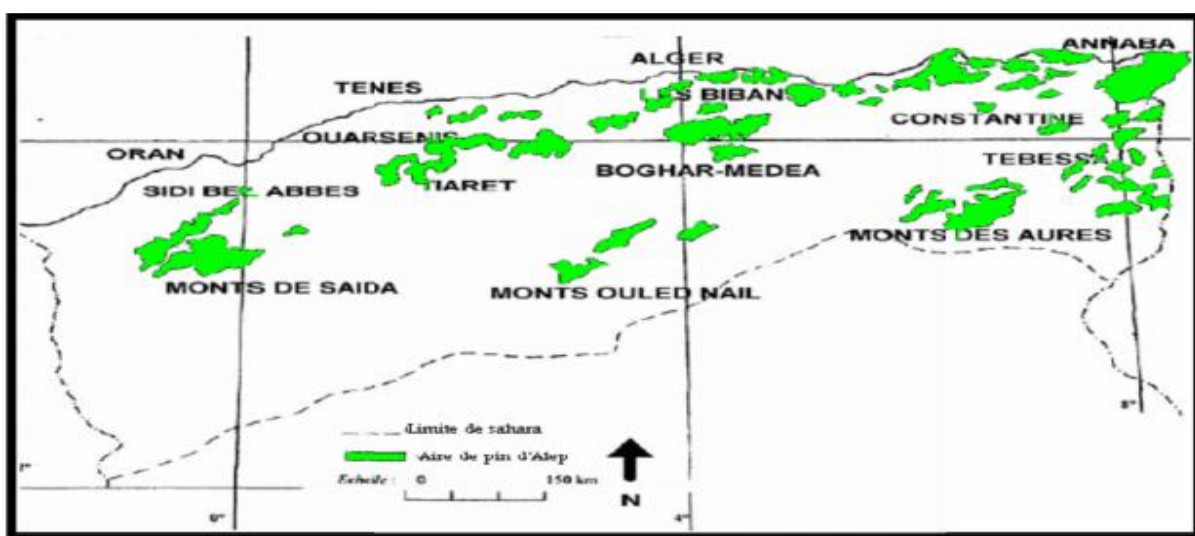


Figure 05: Aire de répartition naturelle du pin d'Alep en Algérie (Seigue, 1985)

2.4. Caractères botaniques

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

2.5. Plasticité écologique du pin d'Alep

Le pin d'Alep occupe en altitude des positions très variables, en Algérie, il atteint fréquemment 1500m et même 2000m d'altitude dans l'Atlas saharien, et il trouve un optimum de développement à des altitudes allant de 600 à 1200m dans le Tell et de 900 à 1400m dans l'Atlas Saharien (Kadik, 1987). (Fig.05). Sur le plan bioclimatique, La large distribution du pin d'Alep qui va du littoral au nord du Sahara lui confère l'aptitude de végéter dans des tranches pluviométrique qui varient de 200mm dans l'Atlas Saharien jusqu'à 1500mm au Littoral, il présente un optimum de développement entre 350 et 700 mm de précipitations annuelles (Nahal, 1962). Sur le plan thermique, l'aire naturelle du pin d'Alep admet une variante humide et semi aride, froide à chaude avec des valeurs moyennes de températures minimales du mois le plus froid de -3 à +10 °C (Quezel, 1986).

2. 6. Les maladies du pin d'Alep

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

- Les maladies des racines: Il n'ya pas d'agents spécifique d'altération des racines de pins. Les parasites suivant (*Armillaria mellea*, *Ungulina annosa*, *Rhizina inflata*) Provoquent des décolorations et des dépérissements ainsi que des pourritures du système racinaire. .

- Les maladies des rameaux: Les plus importants sont les rouilles visqueuse et bourbeuses des rameaux et la tordeuse des pousses

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

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

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

**La processionnaire du pin,
Thaumetopoea pityocampa (Denis et Shiffer muller, 1775)**

1. L'historique et position systématique de l'insecte

L'insecte a été découvert pour la première fois par Messieurs Denis et Schiffer müller en 1775 (Carcanague, 2017). L'adulte est un papillon nocturne à vie très brève, dont les larves sont appelées chenilles processionnaires du pin (Soltani et al. 1988). Le cycle de vie de l'espèce est annuel, il commence par la ponte et se termine par le stade adulte, en passant par cinq stades larvaires et la nymphose.

En latin, *pityocampa* signifie « chenille du pin » (*campa* = chenille, *pityo*= pin) et *Thaum* et *opoea* signifie « qui vénère la verdure » (*thaumeto*= vénérer, *poea*= herbe). La sous famille comprend un seul genre *Thaumetopoea*, représenté par 12 espèces de processionnaires réparties dans la région biogéographique paléarctique, et une dans la région afro tropicale (Agenjo, 1941. Kiriakoff, 1970. Schintlmeeister, 2013) Les Processionnaires doivent leur nom commun au comportement remarquable de leurs chenilles qui cheminent à touche touche, en file indienne, entre leur nid collectif et une place d'alimentation (feuilles ou aiguilles) ou vers un lieu de nymphose sous terre. Leur défense est assurée par des poils urticants. Ces processionnaires constituent la famille des Thaumétopoéidés (de la superfamille des Notodontoïdés) et sont regroupées dans un unique genre, *Thaumetopoea*.



Figure 06: Chenille processionnaire du pin. (Original. 2023).

2. Identification

La chenille possède un corps caractéristique. La tête est brune ou noire. Le corps possède des flancs blancs avec de longs poils argentés. Chaque segment du corps possède sur sa face dorsale une plaque brunâtre. La chenille peut atteindre une taille de 5cm en fin de développement larvaire. Le genre *Thaumetopoea* contient neuf espèces, qui peuvent localement exister et qui sont parfois difficiles à distinguer. Toutefois, il existe certaines différences morphologiques (telles que l'intensité de la couleur des ailes et biologiques (notamment en ce qui concerne les plantes hôtes et la date d'éclosion, qui peut avoir lieu au printemps pour *Thaumetopoea bonjeani*, *Thaumetopoea pinivora*, *Thaumetopoea processionea*, ou en fin d'été pour *Thaumetopoea pityocampa*, *Thaumetopoea wilkinsoni*). Le développement larvaire est donc printanier à estival pour les trois premières espèces, et hivernal pour les deux dernières. (Denis et schiffermüller, 1775). Les principales espèces de chenilles processionnaires sont (Zahiri et al. 2013).

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

3. Répartition géographique

La répartition géographique de la chenille processionnaire dépend de plusieurs facteurs écologiques, dont certains étudiés précédemment : l'ensoleillement, la photopériode, la température, l'altitude et latitude. La chenille processionnaire sont présentes sur plusieurs continents aux : Etat unis, où elles ont tendance à pulluler et en Europe. Elle s'étend sur tout le bassin méditerranéen (à l'exception de l'Egypte et la Lybie) (Demolin et Millet, 1981). Elles se sont retrouvées en France, Grèce, Italie, Albanie, Liban, Croatie, Algérie, Tunisie, Maroc, Espagne, Turquie, en Suisse et en Yougoslavie.

Sa première découverte en Algérie est enregistrée dans la forêt de Bélezma dans la région de Batna. Après, son aire de répartition s'est remarquablement étendu sur des jeunes plantations dans tout le territoire national (Demolin, 1988). Des examens d'enquêtes et des suivis de l'insecte dans le territoire national montrent clairement que l'ampleur de

l'infestation par la processionnaire du pin présente un vrai danger pour l'environnement (Zamoum et al. 2007) (Fig. 20). En Algérie, le barrage vert est sa limite sud. Ses pullulations sont temporaires avec des défoliations non négligeables dans les forêts naturelles, mais les plus sévères sont observées dans les reboisements (Zamoum, 1998).

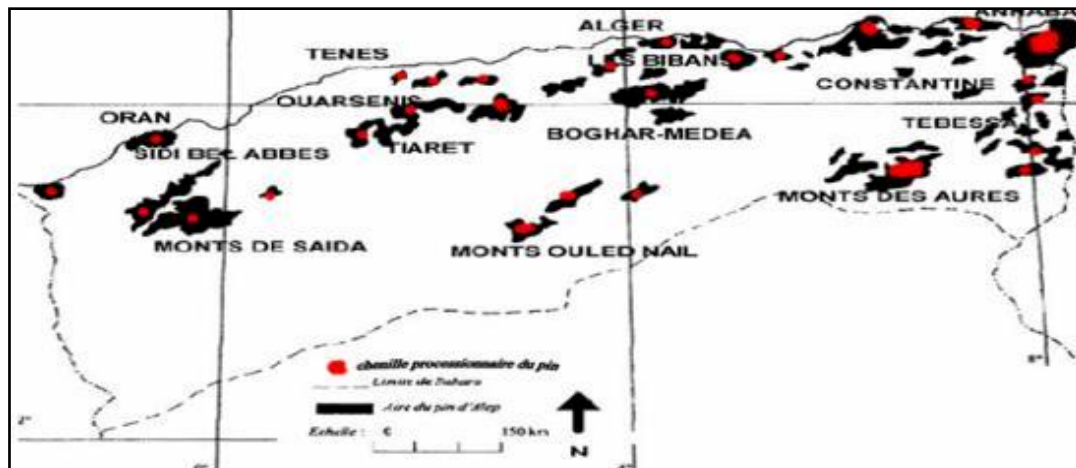


Figure 07: Carte de la distribution de la chenille processionnaire du pin en Algérie. (Zamoum, 1986)

4. Biologie de la processionnaire

Le cycle biologique de la chenille processionnaire du pin s'étend en général sur une année complète mais peut durer 02 ou 03 ans si on monte en altitude et si les conditions climatiques sont défavorables. L'insecte est une chenille à métamorphose complète qui comprend les stades suivants:

4.1. Pante

Après l'accouplement la femelle chenille processionnaire du pin détecte son site de ponte et rassemble deux aiguilles à l'extrémité d'un rameau de son hôte pour déposer ses œufs. (Fig.09).



Figure 08: Manchon des œufs.

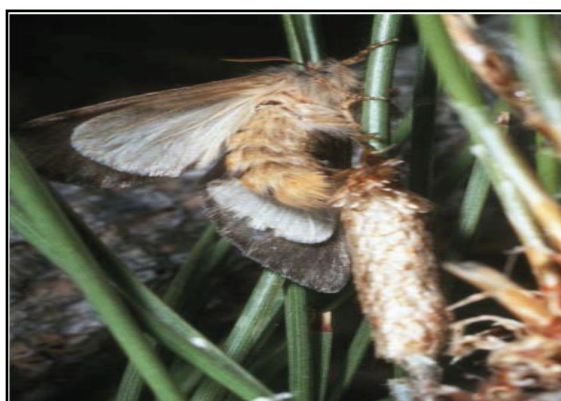


Figure 09: Femelle entrain de pante

En rangées parallèles. Ces derniers sont blancs, sphériques suivant une disposition hélicoïdale qui résulte du mouvement tournant de la femelle au cours du dépôt (Makhloufi, 2002). La forme des œufs ressemble à un manchon de quelque centimètre de longueur. Les œufs sont recouverts d'écailles protectrices de couleur beige-clair (Fig.08) (Demolin, 1969), leur nombre varie entre 100 et 300 œufs sur un seul manchon (Demolin, 1969).

4.2. Stades larvaires

Les larves de types chenilles qui mesurent à l'éclosion 1,5 mm atteignant de 40 à 50 mm avant la procession de nymphe (Martin, 2005). Il existe 5 stades larvaires au cours desquels les chenilles se déplacent au fur et à mesure que les aiguilles du pin sont dévorées. Les jeunes chenilles tissent de légers fils de soies qui forment des pré-nids abandonnés à chaque déplacement. La durée moyenne des divers stades L1 à L5 (Fig.06) est la suivante: L1 :12 jours L2 :14 jours L3 :30 jours L4 et L5:30 à 60 jours pour chacun (Dajoz, 1998).



Figure 10: Différents stades larvaires (Démolin, in Martin ,2005)

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. A partir de ce stade larvaire, les poils urticants apparaissent sur la face dorsale des segments abdominaux appelés (miroirs) (Martin ,2005).

Les poils urticants de la chenille processionnaire du pin peuvent être responsables de lésions cutanées. À partir du mois de novembre que les chenilles possèdent des poils urticants libérables en cas d'agression. 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. Enfin, les larves du cinquième stade quittent l'arbre en procession, généralement vers le mois de mars.



Figure 11: Dégâts (Photo personnelle) **Figure 12 :** Nid d'hiver. (Photo personnelle)

4.3 Processions de nymphose

Elles ont lieu à la fin de la vie larvaire de février à mai. La procession est guidée par une chenille qui se dirige dans la zone la plus éclairée et la plus chaude de voisinage (Fig.13). Les processions n'ont lieu que lorsque la température du sol est comprise entre 10 et 22 C° (Dajoz ,1998). Les chenilles descendent de l'arbre en passant par le tronc puis s'enfoncent dans le sol pour construire leurs chrysalides.). Elle a lieu entre le mois de Décembre et Mai en fonction des dates d'émergence des adultes et de la rigueur de l'hiver. Les chenilles quittent l'arbre en procession pour aller s'enfouir à quelques centimètres sous terres (5 à 20 cm) à un endroit ensoleillé (Kerris, 1983).



Figure 13: Procession (photo personnelle)

4.4. Chrysalides

La chenille pénètre de 5 à 25 cm dans le sol, c'est alors que l'activité de tissage du cocon de coloration brune commence. Ce dernier mesure 18 à 25 mm de long et 7 à 8 mm de diamètre (Fig. 14). Quelques jours après la formation du cocon, la chenille se chrysalide, c'est la diapause (Schmidit, 1990). Cette phase peut durer de quelques jours à quelques mois et se déroule de Mars à Juillet. Une quinzaine de jours après l'enfouissement, les chenilles tissent autour d'elles un cocon individuel, dans lesquels elles se transforment en chrysalide (la nymphose) (Schimidit, 1990).



Figure 14: Chrysalide mâle (à gauche) et chrysalide femelle (à droite) extraites de leur cocon (Martin, 2007)

4.5. L'adulte

A la fin de l'été, les papillons sortent des chrysalides et émergent de terre en général au coucher du soleil : Les mâles s'envolent et les femelles s'installent en hauteur pour se mettre en position d'appel pour les mâles. La femelle se dépose sur l'arbre hôte pour pondre ses œufs sur l'extrémité d'un rameau, la femelle s'envole et va mourir quelques heures après. Les adultes appelés également papillons qui sont typiquement nocturnes ; ils ne peuvent survivre plus de 48 heures. Les papillons mâles (Fig. 15) de 30 à 40 mm d'envergure sont de coloration grisâtre. Les ailes antérieures sont grises et présentent trois lignes transversales noires par contre les ailes postérieures sont blanchâtres. La tête et le thorax sont de couleur grise foncée, l'abdomen est gris brunâtre, les antennes sont bi-pectinées et longues de 05 mm environ. Les femelles sont de coloration plus claire et de taille plus grande, leurs antennes sont filiformes, l'abdomen est pseudo-cylindrique avec une touffe d'écailles anales de couleur blonde de plus ou moins foncée. Les yeux composés sont volumineux et comportent un grand nombre d'ommatidies (Démolin, 1962).



Figure 15: Papillon de *Thaumetopoea pityocampa*. (Démolin, 1969).

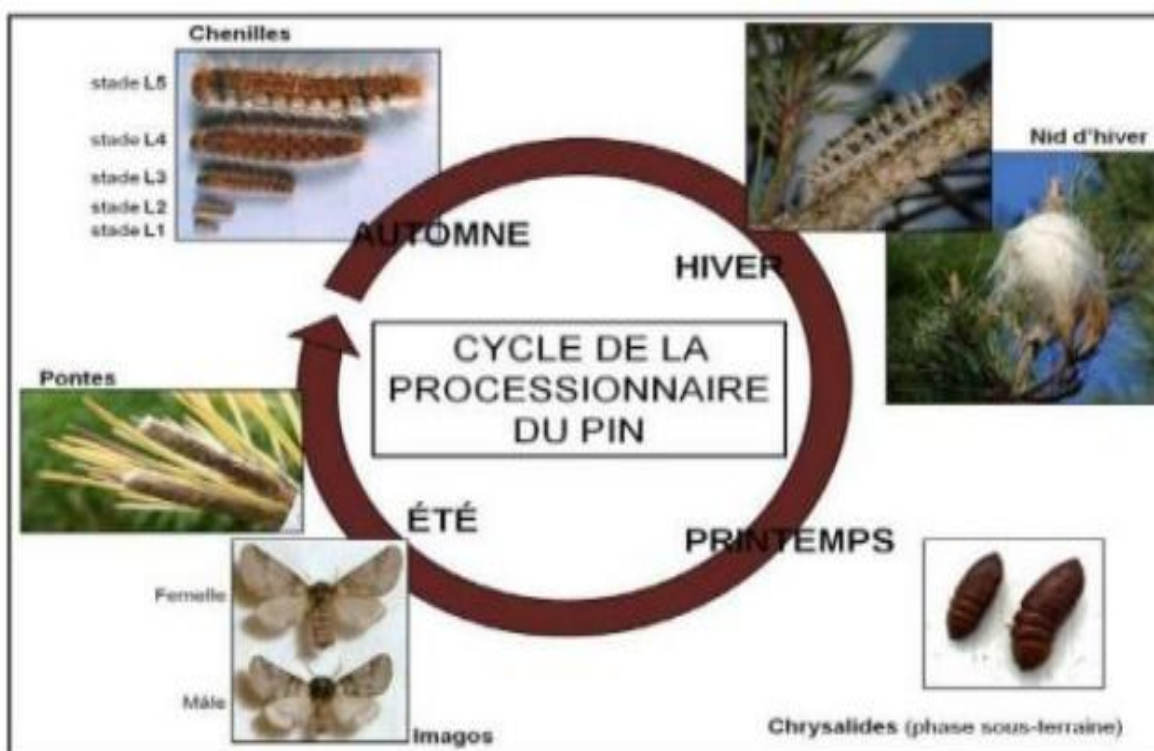


Figure 16: Cycle de vie de la processionnaire du pin (Dulaurent, 2010)

5. Dégâts de l'insecte

5.1. Dégâts sur la plante hôte

La processionnaire du pin colonise en général les arbres isolés, les arbres de lisière et les jeunes peuplements ouverts. Une colonie peut consommer environ 1,5 à 2 Kg (en poids sec) ce qui est suffisant pour mettre à nu un arbre de pin de 20 ans (Bachir, 2019). Dès l'éclosion, la processionnaire du pin consomme les aiguilles de son hôte, La présence du parasite se manifeste par la couleur jaune rougeâtre des aiguilles attaquées par les larves (Adeli, 2012) (Fig.11).

Les larves des stades L1 et L2 (premiers stades larvaires) consomment généralement la sève des aiguilles qui se trouvent juste à proximité des pontes et engendrent des dégâts reconnaissables de loin via l'effet de rouille qu'on peut distinguer à partir des bouquets d'aiguilles décolorés et secs (Sebti, 2015). Si les larves du premier et du deuxième stade présentent un appareil buccal non développé, du troisième au cinquième stade elles consomment entièrement les aiguilles. Cette défoliation provoque des pertes de croissance par diminution du pouvoir photosynthétique et les sujets attaqués deviennent alors très sensibles aux insectes xylophages et aux maladies, privant l'arbre de toute une partie de ses capacités de photosynthèse, il en résulte une perte de croissance importante en cas de défoliations répétées (Fig.17) (Rabie et al 2019), la femelle repérant les pins grâce à leur silhouette sur fond clair. La consommation des limbes des aiguilles entraîne une perte de production et de croissance de l'arbre. Mais il n'a jamais été rapporté de mort d'un arbre à cause d'une défoliation, même totale. Des arbres jeunes ou faibles peuvent en revanche être fragilisés par des attaques répétées et rendus plus vulnérables à des attaques d'ennemis de faiblesse comme les scolytes.



Figure 17: Dégâts de la processionnaire du pin sur pin d'Alep (photo personnelle).

5. 2. Dégâts sur l'homme et les animaux

Les chenilles processionnaires du pin ont un impact sanitaire, lié aux poils urticants qui surviennent lorsque ces poils commencent à apparaître, dès le troisième stade larvaire. Les poils sont très présents dans les nids d'hiver, même après plusieurs années (Battisti et al.2011) Le contact cutané, le contact oculaire, l'inhalation et l'ingestion. Quelque soit le mode de la contamination, les poils urticants pénètrent alors soit dans l'épiderme. Les troubles constatés peuvent être, cutanés, conjonctivite, respiratoire ou digestif formant parfois des muqueuses de la bouche et de l'intestin (Bachir, 2019). En période de prolifération de chenilles processionnaires, on peut observer un grand nombre de consultations chez les médecins

généralistes, les pharmaciens, aux services d'urgences. Au même titre que l'homme, quelques animaux domestiques peuvent présenter des allergies. Les chiens et les chevaux sont les plus vulnérables aux risques causés par l'insecte (Riviere, 2011).

5. 3. Dégâts économiques

Perte en production de bois - Coût financier élevé des programmes de lutte entrepris chaque année par les services des forêts (microbiologique, mécanique : échenillage, destruction des pontes...)- Coût des opérations de contrôle annuel de l'infestation de la chenille processionnaire du pin.

6. Méthodes de lutttes

La lutte n'est ni nécessaire ni souhaitable dans tous les cas. Elle ne doit en effet être envisagée que dans certaines configurations. Sont liées au cycle de l'insecte qui peut varier selon les régions et les conditions climatiques. La lutte contre la Chenille processionnaire du pin ne permet pas d'éviter une nouvelle infestation, mais sert à protéger les jeunes peuplements, à limiter localement les populations en fonction de leur biocénoses (Bachir. 2019).

6.1 Mesurés préventives

Améliorer la biodiversité des peuplements afin de favoriser la propagation de l'insecte de favorise le cortège parasitaires. Protèges la faune et les flores de foret et aussi planter des essences d'arbres qui ne sont pas sensibles à l'insecte considéré. Les peuplements forestiers mélangés subissent en général moins de dégâts d'herbivores que les peuplements purs. Cette diversification réduit généralement la colonisation par la processionnaire du pin et favorise le cortège parasite. C'est une méthode de lutte naturelle et efficace (Martin, 2005).

6.2 Méthodes mécaniques

Elles ne peuvent répondre aux problèmes posés par les processionnaires en milieu forestier en raison de leur ampleur et de l'obligation d'atteindre les nids dans les cimes des arbres (grimpeurs). Son importance en termes de surfaces traitées est très faible, cette technique est néanmoins très utilisée pour les arbres isolés, dans les parcs ou les jardins, où les densités de population de chenilles sont faibles. La lutte mécanique par prélèvement des nids, appelée couramment échenillage, (Brinquin, et Martin 2016), consiste à prélever à l'aide d'un sécateur ou d'un échenilloir les pontes, les pré- nids. La contrainte forte dans l'utilisation de cette technique est la hauteur des nids ou des amas de chenilles qui rend nécessaire l'usage de nacelles élévatrices ou de grimpeurs. Les nids doivent être détruits par incinération ou par

trempage prolongé dans un bac rempli d'eau additionnée de mouillant (liquide vaisselle par exemple). Ils peuvent ensuite être enfouis dans la terre sans risque.

6.3 Piégeage

Cette opération consiste à utiliser des pièges lumineux ou les pièges à phéromones pour capturer les adultes avant l'accouplement. Levieux (1987) a mentionné à ce propos que la mise en œuvre raisonnée de pièges à phéromones aux densités de popu particulièrement efficace dans le cadre de la lutte contre les processionnaires car la durée de vie du papillon mâle n'est que d'une journée (Martin, J.C. Inra, 2017). Au cours de leur suivi réalisé dans la pinède de Moudjebara (Djelfa) entre 1993 et 1995 sur l'efficacité des pièges lumineux, Zammoum et Demolin (2003) ont capturé plus de 20000 papillons mâles par un seul piège. Ces auteurs indiquent qu'entre 37 et 50% des papillons peuvent être capturés avant l'accouplement. (Sbabdji, 2012.).

6.3.1 Piégeage des chenilles par éco-piège

Ce type de piège exploite une séquence comportementale de la chenille processionnaire du pin : la procession de nymphose. A la fin de leur évolution larvaire, les chenilles descendent en file indienne le long du tronc de l'arbre pour s'enfouir dans le sol. Dans tous les cas, les pièges doivent être installés avant les premières processions (Fig:18). L'éco-piège ne permet pas de limiter les dégâts aux arbres à court terme, mais il protège les êtres humains et animaux dans la mesure où il leur évite d'entrer en contact avec les chenilles au moment où elles sont à la fois le plus accessibles (sur le tronc ou au sol) et le plus urticantes (dernier stade larvaire) (Martin et al, 2007).



Figure 18: Piégeage des chenilles par éco-pièges. (Martin et al, 2007)

6.4. Lutte chimique

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

6.5. Lutte biologique

6.5.1. Lutte biologique par conservation

La lutte biologique par conservation consiste à entretenir ou améliorer le potentiel de contrôle exercé par les ennemis naturels déjà présents dans le milieu (insectes parasitoïdes ou prédateurs, oiseaux insectivores, chauves-souris).

L'implantation au sein des sites infestés, de nichoirs spécifiques aux mésanges permet de réduire les populations de chenilles de processionnaires du pin. L'installation des nichoirs doit se faire en début d'automne, avant la période de nidification des mésanges; (En effet la mésange n'étant pas sensible aux poils urticants est un excellent prédateur des chenilles processionnaires. Le nid d'hiver perforé par celle-ci est très vite vidé de son contenu). Il est préconisé de mettre en place entre 15 et 20 nichoirs par hectare sur la zone à protéger (Brinquin, martin. 2017).

6.5.2. Lutte biologique classique (introduction, lâchers d'auxiliaires)

La lutte biologique classique consiste à rechercher, dans l'aire d'origine d'un ravageur exotique, des ennemis naturels qui seront libérés dans l'aire nouvellement colonisée.

6.6. Lutte microbiologique bactériologique

Le traitement microbiologique est réalisé à l'aide d'un insecticide, *Bacillus thuringiensis*, (Bt) est le micro-organisme star parmi les agents de bio contrôle. On l'utilise en France depuis les années 1930. Il existe plus de 70 souches différentes de Bt dont certaines ont un champ d'action très vaste. Trop, d'ailleurs pour être utilisées sans danger. Seules trois souches sont majoritairement employées aujourd'hui, dont Bt kurstaki, la plus répandue. Cette souche produit des toxines spécifiques qui ne tuent que les larves des lépidoptères, principaux ravageurs des plantes cultivées. Elle est aussi efficace pour lutter contre les chenilles processionnaires du pin et du chêne. L'application du produit se fait généralement par traitement aérien. Au cours des premiers stades larvaires. Les bio- insecticides *Bt* sont utilisés principalement pour tuer les larves des insectes cibles. Les sporanges de *Bt* vont germer et les cristaux vont être solubilisés sous l'action du pH intestinal alcalin les altérations cellulaires se produisent rapidement après l'ingestion des sporanges de *Bt* et l'épithélium intestinal est détruit en quelques heures. (Loudhaief, 2016).

7. Ennemis naturels

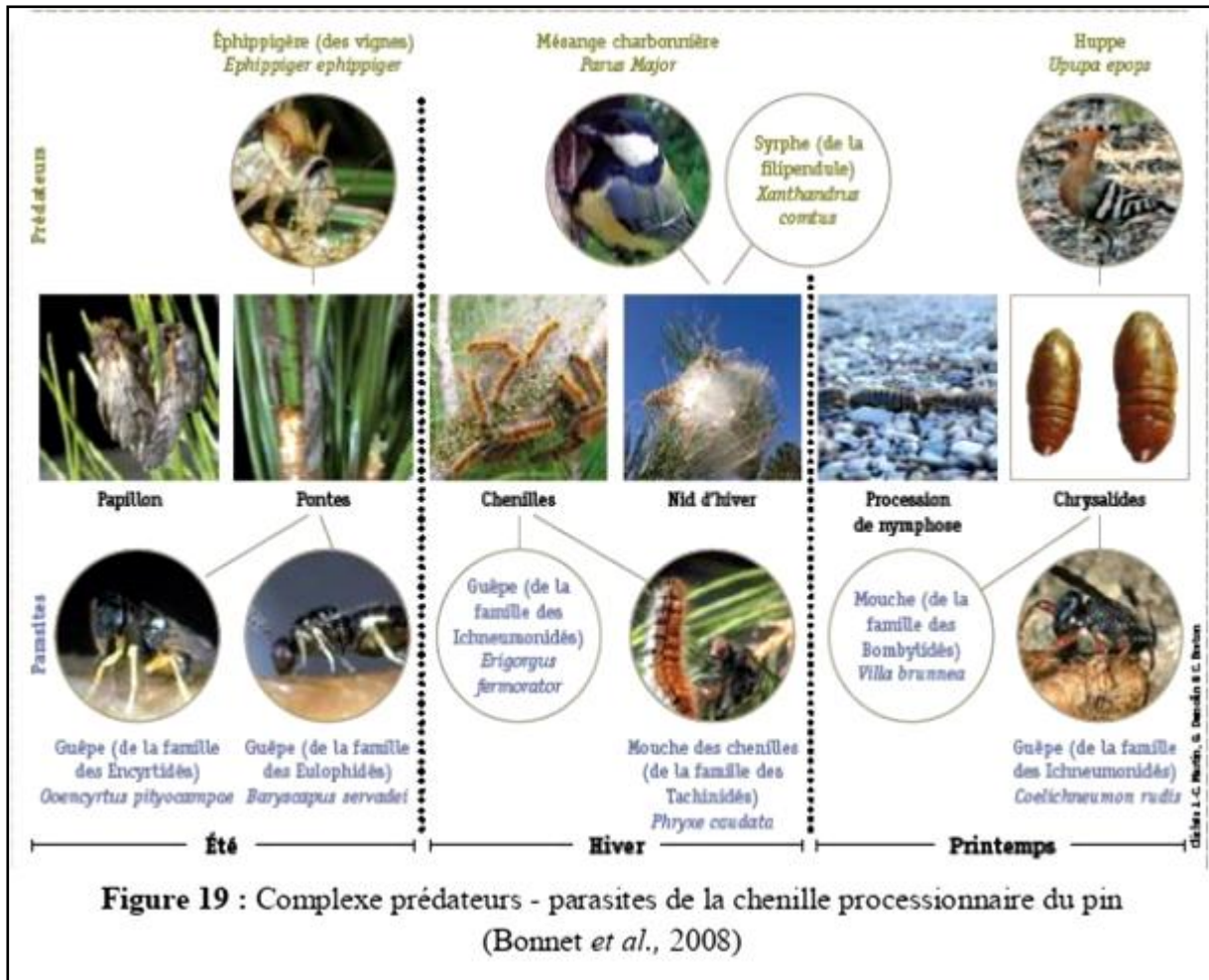
Une liste des ennemis naturels de la processionnaire à tous les stades de son cycle a été proposée par (Martin .2005).

7.1 Les Prédateurs

Les oiseaux et les chiroptères sont principaux prédateurs du stade adulte de la processionnaire du pin, notamment l'engoulevent *Caprimulgus europaeus*, les œufs peuvent être prédites par plusieurs espèces d'Orthoptères, notamment l'éphippigère (Démolin et Delmas 1976), les chenilles de processionnaire peuvent être prédatées à n'importe quel stade dans leur nid d'hiver par plusieurs espèces d'oiseaux, notamment les mésanges (Pimentel 2004) (Martin et al, 2011). Enfin, les chrysalides peuvent être prédatées par un oiseau, la huppe fasciée *Upupaepops*, dont le long bec est adapté à la recherche de nymphes enfouies dans le sol.

7.2 Parasitoïdes

Deux principales espèces de parasitoïdes attaquent les œufs de processionnaire, la *Baryscapus servadeii* (Domenichini) (*Hymenoptera eulophidae*) est une espèce spécialiste dont les dates d'émergence correspondent avec la période de présence des œufs de processionnaire. Les individus émergés en premier sont capables de parasiter à nouveau les pontes de processionnaire immédiatement après leur émergence, leur permettant de réaliser deux générations par an. *Ooencyrtus pityocampae* (Mercet) (*Hymenoptera encyrtidae*) est une espèce généraliste qui a déjà été élevée sur des hôtes variés défoliateurs de résineux et de feuillus (Battisti et al.1988). Les individus de cette espèce émergent deux mois avant la période de présence des œufs de processionnaires, et sont également capables d'accomplir deux générations par an. *Phryxicaudata* (Rondani) (*Diptera, Tachinidae*) est le principal parasitoïde spécialiste des chenilles, deux générations de cette espèce peuvent se développer sur une même génération de l'hôte, les œufs de la première génération sont pondus sur les jeunes chenilles de processionnaire à partir du stade L2, les adultes émergent avant la mue L4/L5 et pondent directement sur les chenilles du stade L5, les jeunes larves de la seconde génération quittent la chrysalide de l'hôte pour former leur puppe au moment des émergences des papillons (Biliotti1965).



Chapitre III: Matériels et Méthodes

1. Présentation de la région d'étude

1.1. Situation et limites de la Daïra de Djebel Messaad

- Limites administratives :

Nos observations ont été réalisées a la commune Djbel Messaad wilaya de M'Sila elle est représentée par deux stations, la première dite "Kherbeche" est une forêt naturel et la deuxième nommée Boudenzir (reboisements dans le cadre du barrage vert). La zone d'étude est située à 130 km sud de la wilaya au cœur de la Steppe du centre. Elle est limitée :

- Au Nord par la commune de Bou Saada et El Hamel
- Au Sud par la commune d'Ain Elmelh.
- A l'Est par la commune de Mohamed boudiaf .
- A l'Ouest par la Daïra de Mejedel et la commune de Slim



Figure 20: Situation géographique de la forêt de Djebel Messaad dans la wilaya de M'Sila (Zedam et al, 2016)

- Limites géographique :

La commune de Djebel Messaad est une zone forestière leur forêt domaniale représente la plus grande superficie forestière de la wilaya de M'Sila avec 25522,06 ha et une bande verte du barrage vert étendu sur une superficie de 300 ha (Cf de Dj messaad). Le foret de Djebel Messaad est un chaînon de l'extrême Est des monts des Ouled Naïl qui font partie de l'Atlas Saharien Il se situe à 235 km environ à vol d'oiseau de la méditerranée. Ces forme de reliefs sont occupées par une végétation forestière leur L'altitude de et comprise entre 950 et 1676 (Dj Fernane- Dj Boudenzi.) (Zedam et al., 2016)

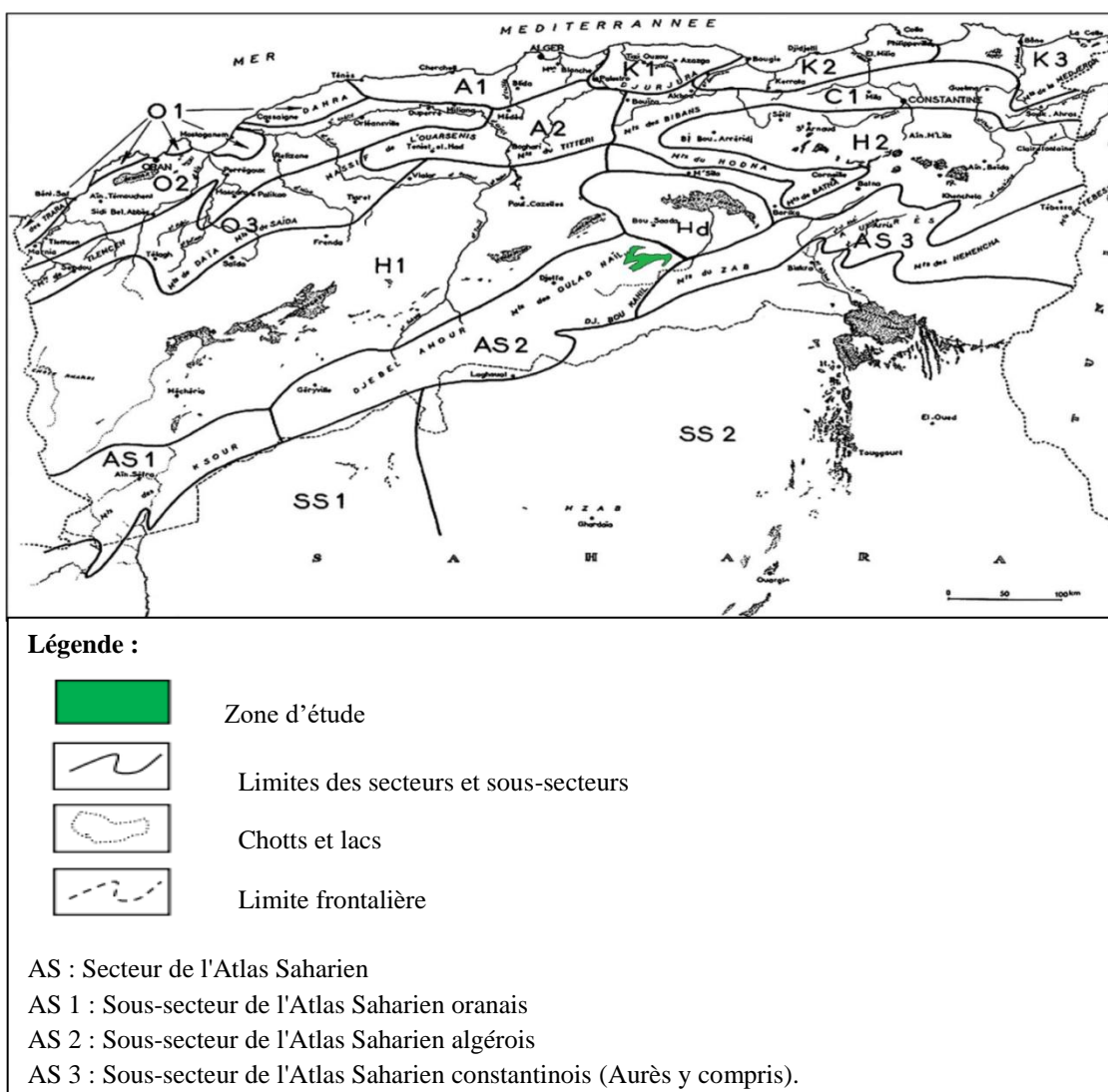


Figure 21: Carte des sous-secteurs phytogéographiques de l'Algérie du Nord (Benkherif, 2014).

1.2. Caractéristique de la zone d'étude

1.2.1. Caractéristiques climatiques

Le climat est typiquement méditerranéen continental, il se distingue par l'opposition d'une période humide plus ou moins longue avec des précipitations à caractère irrégulier, et une période estivale sèche et courte variant de deux à quatre mois environ selon l'altitude. La forêt beigne dans l'ambiance bioclimatique semi-aride inférieur à hiver frais au niveau des piémonts et le semi-aride à variante froide pour les altitudes élevée. Ces conditions d'existence favorisent le développement d'une flore particulière inféodée à ce type de milieu (Benkhrif. 2014).

1.2.1.1 Température

Durant les sorties de suivie on enregistrée la température des jours des sorties de chaque station et les moyens par station sont calculées (Tab .01).

Tableau 01: Les moyens mensuels des températures enregistrées par station.

	STAIION	Déc. 2022	janv.2023	févr.2023	mars.2023
Maximum (M) (°C)	Foret naturel	16	08	08	16
	Bande verte	18	09	10	18
Minium (m) (°C)	Foret naturel	06	3	0	12
	Bande verte	08	05	02	12
. Moyenne (M+m/2) (°C)	Foret naturel	12	06	04	14
	Bande verte	13	09	06	15

La représentation de ce diagramme a permis de localiser nous zones d'étude et l'étage bioclimatique selon le Q2 calculé à partir de la formule suivante : $Q2 = 2000 P / M2 - m2$

Tableau 02: Impacts du changement climatique sur les écosystèmes forestiers Méditerranéens de l'Algérie (Région de Djelfa) (Hammou .2016).

	Périodes	(mm) P	(°C) M	(°C) m	Q2	Étage bioclimati que	Sous Etage	Variant thermique	Altitude moyenne (m)
Région de Djelfa	1913- 1937	308	33,5	- 0,8	31	Semi-aride	Inferieur	Hiver froid	400-1600
	1978- 2007	283,8	35,6	1	28,1	Aride	Supérieur	Hiver frais	

P : moyenne des précipitations annuelles (mm)

M : moyenne des maximas du mois le plus chaud ($^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,2$)

m : moyenne des minimas du mois le plus froid ($^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,$)

1.2.1.2. Vent

En hiver les vents dominants sont du secteur nord-est et de l'ouest à nord- Ouest. Les plus fortes sont ceux de fin d hiver au Printemps. En été par contre un vent sec et chaud souffle du sud-est deviennent dominant.

1.2.3. Couvert végétal

1.2.3.1. Végétation

Djebel Messaad est une forêt méditerranéenne sempervirente sclérophylle. Il s'agit d'une pinède naturelle de pin d'Alep qui représente 51,35 % des essences constituant la forêt Le chêne vert et les genévriers de Phénicie et oxycèdre prédominent et occupent 27.5 % de la superficie forestière totale (Tab.03). Il est important à noter aussi la présence sporadique d'autres arbres et arbustes tel que le lentisque, la phyllaie et le rétama. La strate herbacée est dominée en abondance dominance décroissante par : l'alfa, le romarin officinal, la globulaire et l'armoise blanche.

Tableau 03: Répartition du patrimoine forestier dans la circonscription de Djebel Messaad (Zedam et al. 2016)

Patrimoine	Pin d'Alep (Reboisement inclus)	Genévrier	Chêne vert	Alfa et broussailles	Total
Superficie actuelle (ha)	22675,67	21027,97	450,42	38128,98	82283,04

1.2.3.1.1. Principaux groupements végétaux

A la zone d'étude on peut grouper deux principaux groupements caractéristiques des zones steppique sud Algérien :

-Forester a pin d Alep : Ces groupement a *Pinus helensis* couvert une superficie importante on les trouve des les altitudes plus de 1200 mètre les hauteurs de pin d'Alep peut atteindre les 15 mètres et plus les pinus h. *Quercus ilex*, *Juniperus phoenicea* et *Stipa tenacissima* occupent une superficie important (Site de kherbeche)

- Steppiques sub-Forester (matorrals) : On les trouve essentiellement sur les sommets et le versant (**Boudenzir**, Laba.) on les trouve aux altitudes moins de 1000 mètre. (Site de Boudenzir).

1.3 Site d'étude

Sur la base des prospections préalables conduites dans les peuplements des pinacées qui subissent des attaques périodiques de la processionnaire du Pin, deux sites ont été retenus. La synthèse des données générales des sites d'étude est regroupée dans le tableau (Tab.04).

Tableau 04: Données générales sur les deux sites d'étude.

Station	01-Foret naturel (Kherbeche)	02-Bande verte (Boudenzir)
L'altitude.	1220-1250 m	953-990 m
Etage bioclimatique.	Semi-aride	Aride supérieur
Etage de végétation.	forêts de pin d'Alep. chêne vert et genévrier de Phénicie	Matorrals à genévrier de Phénicie et steppe à alfa et armoise
Superficie.	75 ha	40 ha

Deux sites ont été choisies la forêt naturel (la zone dite Kherbeche) avec une altitude de 1220 à 1250 m et la forêt Bande verte (Boudenzir) a une altitude de 950-990 m ces deux sites représente la zone de Djebel Messaad, Le nombre de stations de surveillance prises en fonction des facteurs environnementaux, l'altitude, l'exposition, la topographie et la structure du peuplement (associations végétales, densité, hauteur) et la facilité d'accès au site.

1.2.1. Zone de Kherbeche

La zone de Kherbeche se situe à 7 km au L'Est de chef-lieu de la daïra de Djebel Messaad (35°0'39".164 N 4° 9'15".736 E).

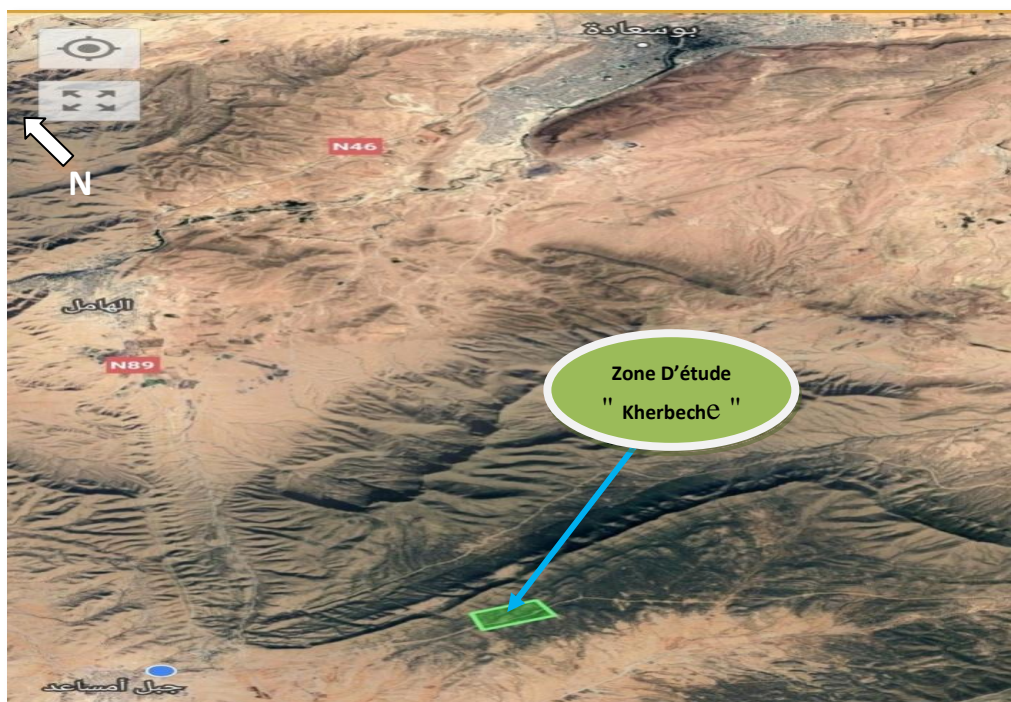


Figure 22: Photo satellite de la station " Kherbeche " Forêt de Djebel messaad (Google Earth 2023)



Figure 23: Vue générale de forêt de Djebel messaad " Kherbeche " (Photo Originale 2023).

1.2.2. La zone de Boudenzir. (Reboisement de Pin d'Alep de la bonde vert)

La zone de Boudenzir se situe à la zone Taouab environ 18 km à l'ouest de chef-lieu de la daïra de Djebel Messaad au sein des deux cotés de la route nationale n° 89

(35°3'38".279 N, 3° 57'14".296 E)

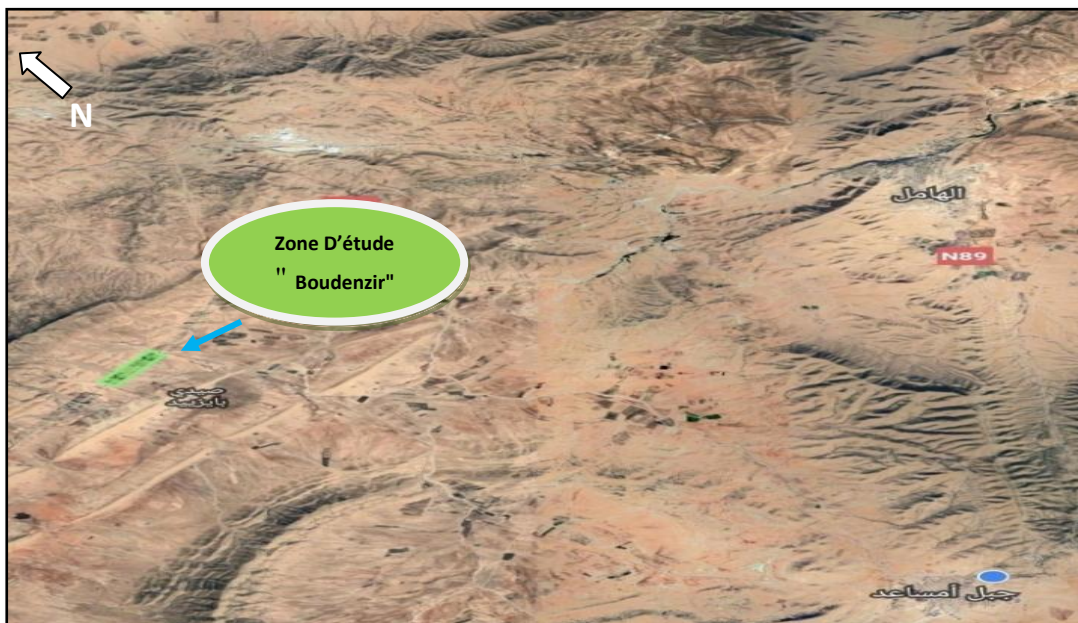


Figure 24 : Photo satellite de la station " Boudenzir" de la bande vert (Google Earth 2023).



Figure 25: Vue générale de la bande verte " Boudenzir" (Photo Originale 2023).

2. Méthodologie de travail.

2.1 Introduction.

Le Méthodologie de travail intéresse aux étapes successives du Protocole expérimental et la méthode statistique utilisée pour analyser ces données. Les différentes données sont calculées afin de bien connaître l'effet des différents facteurs et indices écologiques sur le ravageur en question.

2.3. Échantillonnage et dénombrement

Les observations ont été réalisées dans les deux stations durant la période de Décembre 2022 au Mars 2023, une sortie chaque deux semaines. Le type d'échantillonnage utilisé dans ce travail est l'échantillonnage systématique se basant sur deux transects diagonaux pour chaque site. Le choix des arbres recensés est aléatoire. Le nombre total des arbres sélectionnés est de cent (100) arbres par site. Les éléments suivants ont été comptés:

- L'abondance totale des nids de CP est estimée pour 100 arbres dans la forêt
- La moyenne de l'abondance des nids est estimée par arbre du pin.
- Le taux d'infestation par l'insecte et les différents indices écologiques sont également estimés.
- Dénombrement les nids d'hiver total par arbre et par chaque orientation cardinale.
- Mesuré la hauteur de l'arbre et la hauteur de premier nid de chaque une.
- Observer les stades larvaires de CP (L3-L4-L5).

2.4. Indices écologiques

Indices écologiques pour l'abondance d'une espèce dans une forêt

- **Abondance totale**: c'est le nombre total d'individus de la même espèce sur tous les relevés de l'échantillon.
- **Abondance moyenne** : c'est le nombre moyen des individus au niveau de chaque relevé.
- **Équitabilité** : c'est une mesure de la distribution des individus au sein d'une espèce; autrement dit, c'est la façon dont l'abondance se répartit au sein des espèces.
- **Dominance**: est fournie par l'évaluation de la surface couverte par l'ensemble des individus de l'espèce.
- **Taux d'infestation** : c'est le pourcentage des relevés touchés sur le nombre total des relevés étudiés (Soudant et Belin, 2011).

2.5. Traitement statistique des données

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

Chapitre III : Résultats et discussion

1. Suivi de cycle biologique de CP

Le suivi de la chenille processionnaire est d'une façon permanente durant toute la période d'étude, il se fait hebdomadairement, afin de permettre l'établissement d'un constat immédiat du degré de l'infestation et de la défoliation pour prendre les mesures adéquates à temps. La formation des nids d'hiver et débute a partir de début -décembre a la bande vert de site de Boudenzir et de fin décembre au foret naturel de site de Kherbeche, et le début de procession de CP ce fait a partir du fin de Mars a Boudenzir. (Tab. 05).

Tableau 05 : Cycles biologiques de CP dans la forêt de Djebel Messaad

	Déc. 2022			Jan2023			Fév.2023			Mas2023		
	Deb	Mi	Fin	Deb	Mi	Fin	Deb	Mi	Fin	Deb	Mi	Fin
Boudenzir	L3			L4			L5			Deb proc		
Kherbeche	L2		L3			L4			L5			

D'après (Demolin ,1971) dans le cas le plus favorable l'évolution larvaire s'effectue de 4 à 5 mois au minimum .En haute altitude elle peut s'entendre de 9 à 10 mois. Les stades L3, L4 et L5 dures de 03 mois à partir de mois de décembre 2022 au fin mars de l'Année 2023.Ceci vraisemblablement, lié à la maturité physiologique des chenilles. Se sont déroulés retard d' un mois par rapport au calendrier retenu par (Boumazouza, 2020) à une zone semi aride Ain Bousif (Mèdea). Ce retard est expliqué par les variations climatiques et retard d'hiver de cette année.

D'une façon générale, le cycle de vie réel, cela est dû à la combinaison de conditions bioclimatiques qui ont permis une régularité acceptable de ce cycle.

2. Effet de l'altitude sur le taux d'infestation de *T. pityocampa*

Les résultats obtenus, montrent que le nombre des nids d'hiver varie d'un site à un autre. La figure 26, montre que le site de barrage vert de Boudenzir affiche un nombre total moyen de nids de 86. Concernant les arbres du pin d'Alep de la forêt naturelle de site de Kherbeche, ce dernier présente un total moyen de 59. Le tableau 5 indique le nombre total moyen des nids d'hiver sur les 100 arbres repérés dans les deux stations durant la période d'étude (Djebel messaad).

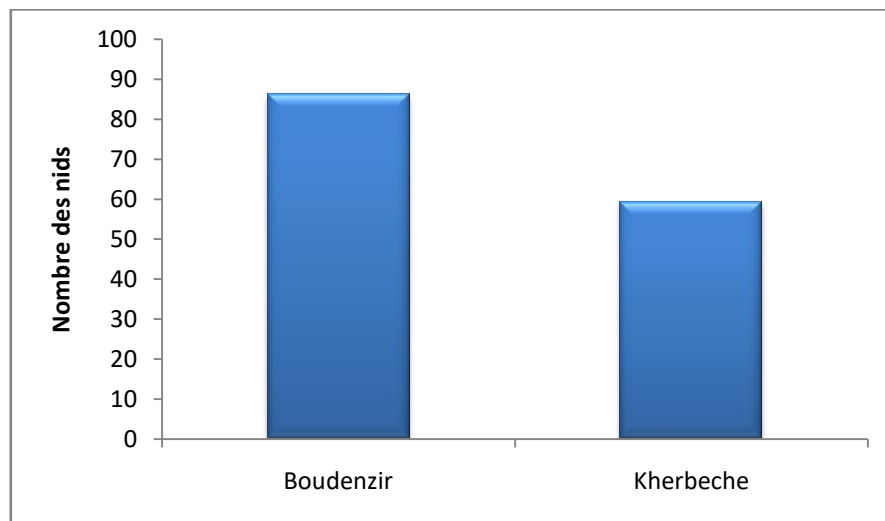


Figure 26: Nombre total moyen des nids de la chenille processionnaire chez *P. halepensis* dans les deux sites étudiés.

Cette différence est confirmée par le test ANOVA, qui signale la présence d'une différence hautement significative du nombre des nids entre les deux sites étudiés ($F=30,39$; $P<0,05$).

Tableau 06: Densité de CP par les nids d'hiver

	Taux d'arbre infesté	Taux d'arbre non infesté
Site de Boudenzir	51%	49%
Site de Kherbeche	31%	69%

La forêt de Boudenzir est très infectée par CP par rapport La forêt de Kherbeche. Les résultats affichés par le foret naturel cite de Kherbeche avec un taux d'infestation du pin d'Alep par la CP de 31% est moins de selle affiche a la région de Hammam Dalaa au résultat de Kherifiet et Mansour (2022) (39%) au foret naturel et moins important au résultat de Belhimeur et al. (2021) à la zone semi aride de forêt de Touguer dans la région de Batna (49%). Les résultats affichés par La forêt de site de barrage vert (Boudenzir) est largement plus important que chez les infestations des autres populations de pins de barrage vert a la région de Ain Boucif (Media) résultat de Boumazouza et al. (2020) malgré des opérations de échenillages sont effectues dans les derniers années par les services des forets. Ces résultats restent largement plus faibles aussi que chez les autres populations de pins d'Europe, notamment dans les plantations de pin en France. D'après Ziouche et al. (2017) pour comprendre les facteurs qui prédisposent cette essence aux attaques, la réponse des arbres face à ces attaques soit par une résistance ou un dépérissement et les stratégies développées par l'insecte pour exploiter au mieux les arbres et se maintenir dans l'environnement).

3. Densité de CP par les nids d'hiver

Le résultat du comptage des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin effectué dans les deux sites d'étude, montre que les valeurs moyennes de la densité de CP par les nids d'hiver enregistré dans le site de Boudenzir et le site de Kherbeche sont différentes avec des valeurs moyennes respectivement de $1,91 \pm 0,18$ et $1,61 \pm 0,48$ nids /arbre des nids d'hiver (Fig.27). Le test de Kruskal-Wallis indique que la densité de CP par arbre a été significativement variable d'un site à l'autre ($H^2=0,884$; $P < 0,05$).

L'infestation du pin d'Alep de la région d'étude par la CP a été variable d'une cite à une autre. Les pinèdes de cite de barrage vert (Boudenzir) se trouvent, sur la bordure sud de la Méditerranée, exposées aux influences climatiques du désert et les effets de dégradation de couvre végétal steppique (désertification) et avec une altitude moins que le foret naturel (site de Kharbeche). D'après Jacquet et al. (2012), la densité de CP par arbre baisse avec l'altitude. Effectivement, la densité des nids par arbre dans Les pinèdes de climat semi-arides a été faible (0,01 à 1, 69 nids/arbre) a la foret naturel (site de Kharbeche) par rapport au site de barrage vert (Boudenzir) (0,01 à 1, 91), malgré ce dernière a été connue des travaux d' élimination des nids d hiver (échenillage) les quatre(04) ans dernies (2019-2020-2021-2022). Ces densités des nids CP par arbre sont un peu proches aux

résultats affichés par Bachir et al (2017) au foret naturel de la région de Djellal (Djelfa) et au reboisement de Moudjbara (Djelfa) avec des altitudes proches et de même climat.

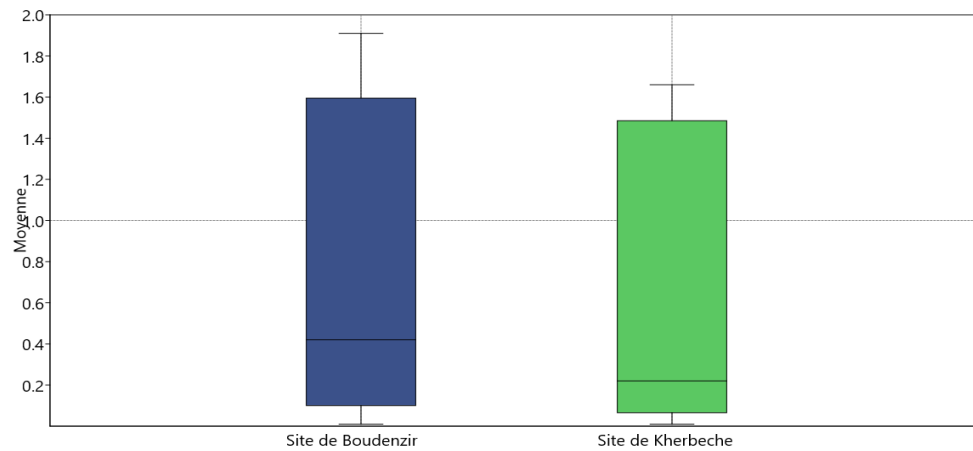


Figure 27: Boxplot des nids par arbre de la chenille processionnaire chez *P. halepensis* dans les deux sites étudiés.

4. L'effet des directions cardinales sur le taux d'infestation de *T. pityocampa*

L'effet orientation cardinale est visible car l'abondance des nids d'hiver de la chenille processionnaire se localise dans l'ensemble sur la direction Sud et ouest pour les deux stations (Fig. 28). Le test ANOVA, montre aucune différence significative de L'effet d'orientation cardinale et nombre des nids entre les deux sites étudiés ($P=0,223$).

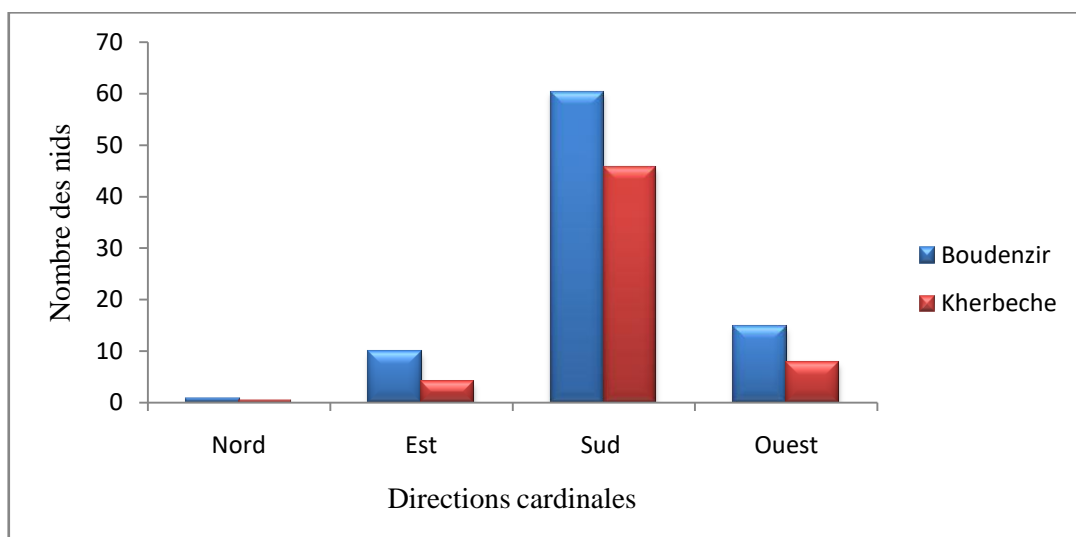


Figure 28: L'effet d'orientation cardinale de la chenille processionnaire chez *P. halepensis* dans les deux sites étudiés.

Le nombre des nids d'hiver en rapport avec la direction cardinale dans les deux sites d'étude, montre que la chenille processionnaire du pin installe la majorité de ces nids d'hiver sur les branches exposées au sud et à l'ouest (Fig.28-29).

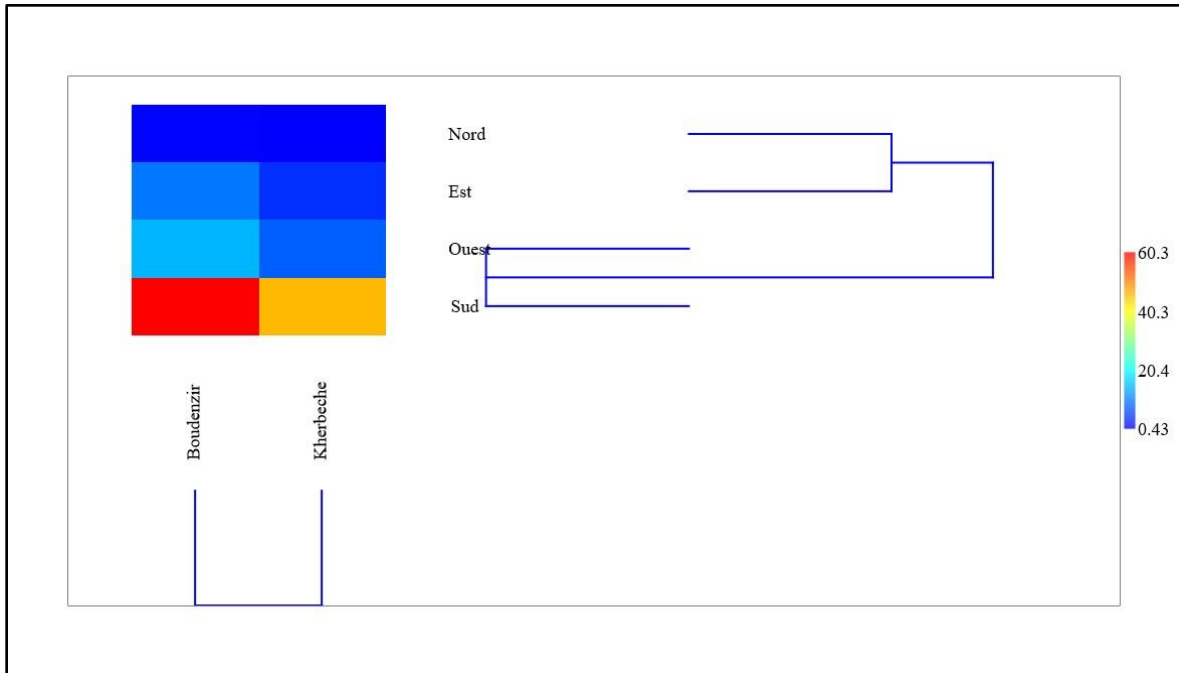


Figure 29: Indices de similarité des stations

Selon Ziouche et al. 2017, Kherifi et Mansour, 2022 les chenilles de la processionnaire du pin installent leurs nids d'hiver sur des branches exposées sud et ouest d'altitude. Nos résultats ont confirmé que l'exposition sud est la plus recherchée par la chenille processionnaire du pin. Les chenilles processionnaires du pin sont capables de s'adapter afin de compenser d'éventuelles variations climatiques, comme l'illustre la construction et l'orientation du nid d'hiver, permettant d'allier effet de masse (atténuation de fortes variations de température par regroupement de nombreux individus) et insolation maximale (Hoche et al. 2009).

5. Indices écologiques

Les différents indices écologiques estimés dans la forêt naturelle de Kherbeche et le reboisement de pin d'Alep de bande verte de Boudenzir sont les suivantes : une dominance égale respectivement de 0,6067 et 0,5164 et une équitabilité égale respectivement de 0,4928 et 0,5749 (Tab. 07).

Tableau 07 : Indices écologiques calculés dans la région d'étude.

	Site de Boudenzir	Site de Kherbeche
Dominance _D	0,5164	0,6067
Équitabilité _E	0,5749	0,4928

D'après les résultats obtenus, l'équitabilité qui indique l'homogénéité de la distribution des nids d'hiver dans une forêt est proche à valeur 0,5, a enregistré des valeurs plus de 0,49 dans les deux stations, cela indique que presque tous les arbres sont attaqués par la chenille et le nombre des nids est également proche un peu entre les arbres de forêt.

6. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)

Les données sur l'abondance, le climat et l'orientation de la nidification hivernale de *T. P* ont été soumises à une analyse factorielle des correspondances (AFC). L'analyse est satisfaisante pour l'ensemble des paramètres étudiés dans la mesure où plus de 95% de la variance est représentée sur les deux premiers axes (Fig.29).

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

Le test χ^2 est estimé à 97,35, le ddl étant égale à 66 et P est inférieur à 0,05, démontre la dépendance entre les lignes et les colonnes est significative. En d'autres termes, il existe des différences significatives entre l'abondance, l'hauteur des nids au niveau de l'arbre, l'hauteur des arbres et de l'orientation cardinale des nids d'hiver.

La projection des variables relatives à l'abondance des nids d'hiver dans chaque site étudié à travers l'axe 1, représentant 85,56%, montre que les pins d'Alep présentent une différence entre le niveau d'infestation par les nids d'hiver des chenilles de CP dans les différentes zones étudiées.

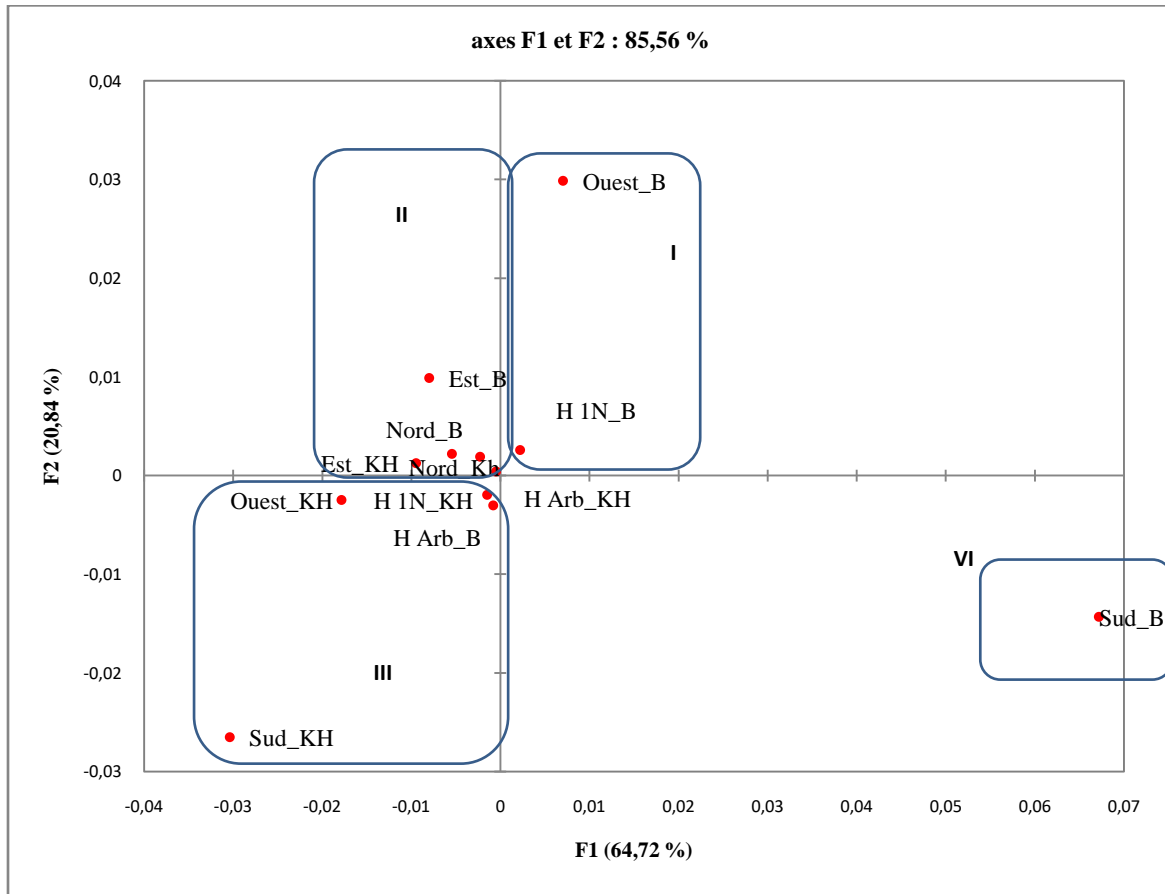


Figure 30: Analyse Factorielle des Correspondances des facteurs

La projection estime que les chenilles de *TC* aux essences du pin d'Alep *P. halepensis* quelle que soit la région ou l'altitude ; effectivement, ces nids d'hiver sont présents dans les deux sites étudiés avec leur différence altitudinale.

En revanche, la projection des abondances et des orientations cardinaux sur l'axe 2, représentant 20,84 %, indique que les sites sont caractérisés par un positionnement des nids d'hiver aux points cardinaux Sud.

La carte factorielle (Fig.29) présente une distribution des deux stations d'échantillonnage en quatre groupes à savoir:

Les axes factoriels montrent que le groupe (1) formé par les l'orientation ouest de Boudenzir et l'hauteur des nids au niveau de l'arbre de la région de Kherbeche.

Le groupe (2) formé par l'orientation Nord et Est de la forêt de Boudenzir et les nombre des nids de l'orientation est et Nord de la forêt Kherbeche, le groupe (3) regroupe les nids de l'orientation Ouest et Sud de la forêt Kherbeche, l'hauteur des arbres de station de Boudenzir , l'hauteur des premier nids au niveau de l'arbre de la région de Kherbeche. En fin le groupe (4) renferme l'orientation Sud de la forêt de Boudenzir.

Conclusion

L'étude réalisée pendant la période de Décembre 2022 au Mars 2023, nous a permis de suivre partiellement le cycle biologique, l'évolution des populations et avoir connaître le niveau de contamination (l'infestation) et la densité des nids hiver de la chenille processionnaire du pin (*T. pityocampa*) dans la région de Djebel messaad dans deux sites différenciés; la forêt naturelle et le barrage vert (Djebel messaad -M'Sila).

La région comporte deux stations, la première station dite Boudenzir avec une altitude de 950 à 990 m et la deuxième station dite la forêt de Kherbeche avec une altitude de 1220 à 1250 m.

Le nombre des nids d'hiver varie d'une station à une autre, le site de Boudenzir affiche un nombre de nids de 86 et le site de kherbeche présente un chiffre de 59. Le taux d'infestation de Boudenzir est très important par rapport la station de kherbeche sont avec des moyennes respectives de $1,91 \pm 0,18$ et $1,61 \pm 0,48$ nids /arbre des nids d'hiver.

Les données de positionnement des nids d'hiver de C.P en rapport avec les directions cardinal, montrent que la projection des variables relatifs à l'abondance des nids d'hiver estime que les chenilles de CP installent ces nids d'hiver sur les parties exposées au sud et à l'ouest.

Les différents indices écologiques estimés dans la forêt de Kherbeche et le site de Boudenzir sont les suivantes : une dominance égale respectivement de 0,6067 et 0,5164 et une équitabilité égale respectivement de 0,4928 et 0,5749.

Les chenilles de TC aux essences du pin d'Alep effectivement, ces nids d'hiver quelle que soit la région ou l'altitude. Les arbres de taille moyen sont les plus attaqués par la CP.

La connaissance des dates de stades larvaires et la date de début de procession de CP dans la région d'étude. Nous à donner un aperçu de comprendre mieux le ravageur et pour tracer un calendrier de prévention et de lutte. Il paraît aussi que la stratégie de lutte devrait être basée sur la prévision des risques grâce à une compréhension plus holistique des changements écologiques qui en résultent.

Les résultats montrent que les facteurs biotiques interagissent étroitement avec les facteurs abiotiques et affectent de manière significative la quantité et la qualité des ressources et des sites de reproduction des ravageurs.

En fin comme perspective il doit être développé une stratégie de lutte anti processionnaire, de surveiller et d'étudier son comportement biologique, pour assurer une meilleur protection et conservation de la forêt notamment dans cette région.

Référence bibliographique

- **Adili, B. 2012.** Croissance, fructification et régénération naturelle des peuplements artificiels de Pin pignon (*Pinus pinea L.*) au nord de la Tunisie, Thèse doctorat. Université Blaise Pascal - Sciences agricoles.216p.
- **AN** Centre technique du génie rural des eaux et des forêts direction de protection de la nature du CTGREF. Documentation réalisé en collaboration avec INRA et éditée avec de concours financier et fonds forestier national.
- **Bachir, K., Tail, G., Zamoum, M., Aci, L., Cherif, H. S., & Saidi, F. 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. *Agro-Biologia* 7(2):427-438.
- **Bachir, K. 2019.** Biocenose de *Pinus halepensis*, *Cupressus dupreziana* de la région de Djelfa et test d'un biocide pour lutter contre *Thaumetopoea pityocampa* Den. & Schiff. (Lepidoptera, Notodontidae) Thèse de Doctorat LMD en écologie forestière, université de Djelfa, 148p.
- **Battisti, A. 1989.** Field studies on the behaviour of two egg parasitoids of the pine processionary moth *Thaumetopoea pityocampa*. *Entomophaga*, 34, 29-38.
- **Battistia., Holm G., Fagrell B., Larsson S., 2011.** Urticating hairs in arthropods: their nature and medical significance, *Annu. Rev. Entomol.*, 56, 203-220.
- **Bentouati, A.2005.** Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis M.*) du massif d'Ouled Yakoub (Khenchela-Aurès). Thèse de doctorat d'Etat en Sciences Agronomique, Université Colonel El Hadj Lakhdar, Batna, Algérie. 119 p.
- **Biliotti E., Demolin, G.; Du Merle, P. 1965.** Parasitisme de la processionnaire du pin par *Villa quinquefasciata* Wied. apud Meig. (Diptère, Bombyliidae). Importance du comportement de ponte du parasite. *Annales des Epiphyties* 16, 279-288.
- **Bonnet, C., Martin, J.c., Mazet, R., 2008.** La processionnaire du pin. *Stantari*. [enligne] ,29-33. [<http://www.prodinra.inra.fr/prodinra/pinra/index.xsp>].
- **Bouguenna, S. 2011.** Diagnostic écologique, mise en valeur et conservation des pineraies de *Pinushalepensis* de la région de Djerm. (Nord-est du parc national de Belezma, Batna).

- **Bouhraoua, 2003.** Situation sanitaire de quelques forêts de chêne liège de l' Ouest Algérien.
Etude particulière des problèmes posés par les Insectes. Thèse. Doc. Univ. Tlemcen. 220 p
- **Brinquin, AS ., Martin J C., 2016.** Recherche de solution respectueuse de l'environnement pour la gestion des risques entomologiques en forêt et en zone non agricole, UEFM. INRA. Centre de recherche paca.13p
- **Dajoz, R. 1998.** Les insectes et la forêt : rôle et diversité des insectes dans le milieu forestier. Ed. Thèse. Doc. Paris, pp 269-272.
- **Demolin, .G, Millet, A. 1981.** Essais insecticides contre la processionnaire du pin (*thaumetopoea pityocampa schiff*) action comparative de différents spécialités commerciales *bactospéine, dipel, thuricide et dimilin.* Annales des sciences forestieres.inra/edp sciences, pp389-404
- **Démolin, G., 1969.** Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Dispersion spatiale, importance écologique. Annales des Sciences Forestières, EDP Sciences **26**, 81-102.
- **Demolin, G., Delmas, J. C. 1967.** Les Ehippigères (Orthoptères Tettigonüdae), prédateurs occasionnels mais importants de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Entomophaga .pp 399-401.
- **Demolin, G. 1962,** Comportement des adultes de *Thaometopoea pityocampa* Schiff. Comptes rendu hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, pp 2838-2839.
- **Dulaurent, A. 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. Mémoire doctorat, Sciences et environnement, Bordeaux,p 17.
- **Hammou, N. 2016.** Impacts du changement climatique sur les écosystèmes forestiers méditerranéens de l'Algérie Mémoire Master. Insectes n°145, 2e tr. 2007.
- **Kadik, B., 1987 .**Les espèces ligneuses à usage multiple de la zone méditerranéenne, Rapport de mission, Saragosse, Espagne : 41p.
- **Kerris, T. 1983.** La processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Note technique I.N.R.F. 17 pp.
- **Lattoui, A. 1996.** contribution a l'étude pytto écologique et cartographique de la végétation steppique par réutilisations de la télédétection cas de la daïra de djebel messaad w(Msila) Mémoire Ingénieur Agro., I.N.F.S.A. Mostaganem, 100 p.

- **Letreuch-Belarouci N ; (1991)**. Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir tomes, O. P.U.
- **Khaouani, B; (2019)**. Ecological dynamics of the green dam by remote sensing: the case of Moudjbara (Djelfa, central Algeria) International Journal of Sciences and Research Vol 75 / N4/1
- **Loudhaief, R., 2016**. Effets des bioinsecticides à base de *Bacillus thuringiensis* sur la physiologie intestinale de la Drosophile, Thèse de doctorat, l'Université Nice Sophia Antipolis. Ecole Doctorale de Sciences de la Vie et de la Santé.209p.
- **Makhloufi L. et Sadi S. (2002)**, Impact de la processionnaire du pin (*Thaumtopoea pityocampa* Schiff) sur la croissance du pin d'Alep ('*Pinus helepis* Mill) dans la région de Ain-Abessa (Sétif). Mémoire d'ING. Biologie Sétif. 24p.
- **Martin J. C., Jean F et al. (2011)**. Développement de la lutte biologique afin de contrôler les populations de processionnaires du pin dans les parcs départementaux des Alpes Maritimes. Rapport d'étude, p32.
- **Martin J.C. 2007**.La chenille processionnaire du pin. In : Dossier : la chenille processionnaire du pin. [http://www.futura-sciences.com/fr/doc/t/zoologie-1/d/lachenille-processionnaire-du-pin_700/c3/221/p3/]
- **Martin J.C., 2005**: La processionnaire du pin : *Thaumtopoea pityocampa* (Denis et Schiffermüller). Biologie et protection des forêts. Synthèse des recherches bibliographiques et des connaissances, INRA Avignon.
- **Martin, Jean.Claude., Anne. Sophie Brinquin.,(2017)**. Les clés pour lutter Contre la processionnaire du pin INRA - Édition mise à jour décembre Centre de Recherche PACA © Copyright JC Martin.
- **Mezali M., 2003** .Rapport sur le secteur forestier en Algérie .3ème session du forum des Nations Unis sur les forêts. 9.
- Nedjraoui, D., Bédrani, S. **2008**. La désertification dans les steppes algériennes : causes,impacts et actions de lutte. Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, 8(1) : 1-15.
- **Nahal, L., 1962**. Le pin d'Alep. Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. Annales de l'école Nationale des Eaux et Forêts 19 (4) : p533.
- **Nedjraoui, D., Bédrani, S.,2008** La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, Volume Numéro 1, avril 2008.

- **Obinet, C., Imbert, C. E., Rousselet, J., Sauvard, D., Garcia, J., Goussard, F., & Roques, A. 2011.** Human-mediated long-distance jumps of *the pine processionary* moth in Europe. *Biological Invasions*, 1-13.
- **Oulmouhoub, S. 2005.** Gestion multi usage et conservation du patrimoine forestier : cas du suberaies de parc national d'el Kala (Algérie). p129
- **Pimentel, C.S.M.G., 2004.** Pine Processionary Moth (*Thaumetopoea pityocampa*) and Great Tit (*Parus major*) in Portugal: Population Dynamics and Interactions. Thèse Doctorat, Univ. Nova de Lisboa, Portugal, 267p.
- **Quezel, P., 1986.** Les pins du groupe –*Halepensis* Ecologie, Végétation, Ecophysiologie. CIHEAM- Options Méditerranéennes. pp. 11-23.
- **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.
- **Rabie, F., Guendouz-Benrima, A., & Chebouti-Meziou, N. 2019.** Insecticidal effect of aqueous extracts of *Pistacia lentiscus* L. and *Zizyphus lotus* L. leaves on the different larval stages of the processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). *AgroBiologia*, 9(1), 1242-1254.
- **Riba, G., Silvi, C. 1989.** Combattre les ravageurs des cultures –enjeux et perspectives Paris: INRA. pp.16-17.
- **Rivière, J. 2011.** Les chenilles processionnaires du pin: évaluation des enjeux de santé animale, pp17-3
- **Sbadjji, M. 2012.** Etude des infestations de la cédraie de Chréa par la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* Schiff: description spatiotemporelle et relations arbredéfoliateur, Thèse de doctorat, l'Ecole nationale supérieure agronomique .Harache Alger.128p.
- **Schmidt., 1990.** Life cycle of *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. Symposium of *Thaumetopoea pityocampa* Newsdals. Hanover Deutschland. Jill 1989, pp 95-99.
- **Sebti, S., 2015.** Recherche écologique et répartition spatio-temporelle de la processionnaire *Thaumetopoea pityocampa* Denis et Schiffer müller dans la région de l'Atlas blidéen, Thèse de doctorat, l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique.108p.
- **Seigue, A., 1985.** La forêt circum méditerranéenne et ses problèmes. Ed. Maison neuve et Larousse. Paris. 502 p.

- **Vepakomma, U., Kneeshaw, D., Fortin, M.J., 2012.** Spatial contiguity and continuity of disturbance in boreal forests through time: Gap persistence, expansion, shrinkage and displacement. *Journal of Ecology*, 100: 1257 – 1268.
- **Virgine, G. 2015.** Rôle de la diversité des arbres dans la régulation des populations d'insectes déflateurs en forêt matures d'Europe. p 07.
- **Zamoum, M., et Demolin, G. 2005.** The life cycle of the pine processionary caterpillar in the bioclimatic conditions of a sub- Saharan region. In F. Lieutier et D. Ghaioule(Eds.), *Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystem* (pp. 107-116). Paris: INRA.
- **Zehraoui et Kadik. 2020.** Etude phytoécologique et impacts des reboisements du barrage vert sur la biodiversité floristique. cas de la région de Djelfa (Algérie). *Revue Agrobiologia*, 10(2): 2062-75
- **Ziouche, S., Baali F., 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)." *Agro -Biologia* 7(2): 412-426.

Les références webographiques

Site web 1: <http://www.ars.iledefrance.sante.fr>

Site web 2: <http://www.driaaf.ile-defrance.agriculture.gouv.fr>

Site web 3: Santé, A. r. d. www.driaaf.ile-defrance.agriculture.gouv.fr.

متابعة إصابة دودة الصنوبر الجرارة: *Thaumetopoea pityocampa* Schiff، في منطقة جبل أمساعد

(ولاية المسيلة)

المخلص: دودة الصنوبر الجرارة (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff) هي الآفة الرئيسية التي تسبب أضرارًا جسيمة لغابات الصنوبر الحلبي على ساحل البحر الأبيض المتوسط. الهدف من دراستنا يتمثل في متابعة جزئية للدورة البيولوجية ومعرفة أضرار و معدل وكثافة الإصابة بواسطة دودة الصنوبر الجرارة باستخدام تباين الارتفاع والتوجه الأساسي لأعشاش الشتاء من دودة الصنوبر. في منطقة دائرة جبل أمساعد (المسيلة) بموقعين مختلفين الأول بغابة طبيعية والثاني بالحزام الأخضر. بلغ معدل الإصابة ب 31% للموقع الأول (منطقة خرباش) و 51% للموقع الثاني (منطقة بودنزير). كثافة دودة الصنوبر من الأعشاش الشتوية في الموقعين مختلفة. قيم كل منها على التوالي: $1,61 \pm 0,48$ و $1,91 \pm 0,18$ عش شتوي. أقامت معظم اليرقات أعشاشها الشتوية على الفروع المواجهة للجنوب والغرب، على أشجار تقع على ارتفاع عن سطح البحر يتراوح بين 950 م و 1250 م. تهاجم دودة الصنوبر الجرارة كل أشجار الصنوبر الحلبي بغض النظر عن المنطقة والارتفاع.

الكلمات المفتاح: الصنوبر الحلبي، دودة الصنوبر الجرارة، العدوى، جبل أمساعد

Suivi des attaques de la chenille processionnaire du pin: *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Denis & Shiffermuller, 1775) dans la région de Djebel Messaad (Wilaya de M'Sila).

Résumé : La processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) est le principal ravageur à feuilles caduques qui cause de graves dégâts aux forêts de pins d'Alep sur la côte Méditerranéenne. L'objet de notre travail consiste à suivre partiellement le cycle biologique, les attaques de la CP et la densité de celle-ci en utilisant la variabilité de l'altitude et l'orientation cardinale des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin dans la daïra de Djebel Messaad (M'Sila) dans deux sites différentes (foret naturel, bande verte). Le taux d'infestation par la CP affiche 51% le site de Boudenzir et 31% pour le site de Kherbeche. La densité de CP par les nids d'hiver dans les deux sites Boudenzir et Kherbeche sont avec des valeurs différentes respectives de $1,91 \pm 0,18$ et $1,61 \pm 0,48$ nids /arbre des nids d'hiver. Dans la majorité les chenilles installent leurs nids d'hiver sur les rameaux à orientation sud et ouest, sur les arbres situés à une altitude comprise entre 950 m à 1250 m. *T. pityocampa* s'attaque aux arbres du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) quelle que soit la région et l'altitude.

Mots clés : Processionnaire du pin, *Pinus halepensis*, infestation, Djbel Messaad, M'Sila

Monitoring of attacks by the pine processionary caterpillar: *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Denis & Shiffermuller, 1775) in the region of Djebel Messaad (Wilaya of M'Sila).

Abstract: The pine processor (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.) is the main leafy pest that causes serious damage to the Aleppo pine forests on the Mediterranean coast. The object of our work is to partially track the biological cycle, the attacks of the CP and its density using the variability of altitude and the cardinal orientation of the winter nests of the pine procession chenille in the Djebel Messaad (M'Sila) daïra in two different locations. (foret naturel, bande verte). The CP infestation rate shows 51% for Boudenzir site and 31% for Kherbeche site. The density of CP by winter nests in both Boudenzir and Kherbeche sites are deferent with respective values of $1,91 \pm 0,18$ and $1,61 \pm 0,48$ nids/tree of winter nids. In the majority of the hives install their winter nests on the south and west-oriented branches, on the trees located at an altitude ranging from 950 m to 1250 m. *T. pityocampa* attacks Aleppo pine trees (*Pinus halepensis*) regardless of region and altitude.

Keywords: Pine processor, *Pinus halepensis*, infestation, Djbel Messaad, M'Sila