REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES

Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de **Master**

En Biologie

Spécialité : Ecologie et protection de l'environnement.

Par : GUERAMTIA Mohamed

OUMDJELIL Djamila

Thème :

Étude de la répartition des nids de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* dans la forêt des Ouled Anteur, Médéa.

Soutenue publiquement le : 18/06 /2017. Devant le jury composé de :

M[r] CHAOUCH .A	Grade : MCB	Etablissement : Univ. Médéa	Président
M[me] CHEBAANI.M	Grade : MAA	Etablissement : Univ. Médéa	Examinatrice
M[me] MOSTEFAOUI.H	Grade : MCB	Etablissement : Univ. Médéa	Examinateur
M[me] MECELLEM .D	Grade : MCA	Etablissement : Univ. Médéa	Encadreur

Année universitaire 2016/2017

Remerciements

Nos remerciements s'adressent en premier lieu à Madame MECELLEM, Maitre de conférences à l'université de Médéa, pour avoir proposé et diriger ce travail, qu'elle reçoit ici l'expression de notre profond respect et de nos remerciements les plus sincères pour l'achèvement de ce travail qui fut remarquablement mené grâce à ses précieux conseils.

Nous adressant nos remerciements à Monsieur CHAOUCHE, Maitre de conférences à l'université de Médéa pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de présider notre jury. Notre gratitude et nos remerciements vont également à Madame CHEBAANI, Maitre assistante à l'université de Médéa et Madame MOSTEFAOUI d'avoir accepté de faire partie du jury d'examen de notre travail.

Mes vifs remerciements vont au personnel des Services de forets d'Ouled Anteur (Médéa), en particulier à M^{r} Hakim Lantri, Moualdia Mohamed, M^{r} Mustapha khaloufi et Benaouda Fatiha, Malika, Karima, qui ont contribué activement à la réalisation de ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à tous ceux qui, de près ou de loin, nous ont aidés à la réalisation de ce travail.

SOMMAIRE

Introduction Générale 1

Partie I: Synthèse bibliographie

Chapitre I : Données bibliographiques sur le pin d'Alep

1. Introduction 3
2. Position systématique de l'espèce dans le règne végétal 3
3 .Répartition géographique du Pin d'Alep 3
3.1. Dans le monde 4
3.2. En Algérie 5
4. Caractères botaniques de l'espèce 5
4.1. Description de l'arbre 5
4.2. Le feuillage de l'arbre 6
4.3. Le fruit 6
5.1. Facteurs climatiques 6
5.2. Facteurs édaphiques 6
6. Importance économique de l'espèce 6
7. Conclusion 7

Chapitre II : Synthèse bibliographique sur la processionnaire de Pin d'Alep

1. Introduction 8
2. Position systématique 8
3. Aire de répartition de la chenille processionnaire du pin 8
4. Ecophases et comportement biologique de l'espèce 9
4.1. La phase aérienne 11
4.1.1. Les adultes 11
4.1.2. La ponte 12
4.1.3. Développement larvaire 13
4.2. Phase souterraine 15
4.2.1. La nymphose 15
4.2.2. Emergence des adultes 16
5. Nuisibilités de l'espèce 17
5.1. Les défoliations 17
5.1.1. Périodicités des défoliations 17
5.1.2. Impact des défoliations 18

5.2. Propriétés urticantes 19
6. Les principales essences hôtes de l'espèce 19
7. Les principaux ennemis naturels de l'espèce 20
8. Impact de quelques facteurs sur la répartition de l'espèce 22
8.1. Ensoleillement et photopériode 22
8.2. Température 22
8.3. Altitude et latitude 23
9. Moyens de lutte contre la processionnaire du Pin 23

Partie II: Matériels et Méthodes

Chapitre I: Présentation de la zone d'étude

1. Situation géographique de la région d'étude 24
2. Le relief de la région d'étude 24
3. Présentation de la forêt d'Ouled Anteur 24
3.1. Généralités sur la forêt d'Ouled Anteur 24
3.2. La végétation de la forêt d'Ouled Anteur 25
3.3. La faune de la forêt d'Ouled Anteur 25
3.3.1. Les mammifères non chasses : 25
3.3.2. Les mammifères gibiers : 25
3.3.3. Les oiseaux 25
4. Caractéristiques climatiques de zone d'étude 26
4.1. Pluviométrie 26
4.2. Température 28
4.3. Synthèse climatique 30
4. 3.1. Diagramme Ombrothermique 31
4.3.2. Situation bioclimatique (Climagramme d'Emberger) : 32
Chapitre II. Matériels et Méthodes 35
1. Présentation des stations d'étude 35
1.1.1. La station Rouissette 35
1.1.2. La station Zeggai 36
2.1. La technique d'échantillonnage 37
2.2. Caractéristique des 09 sites d'études 38
3.1. Analyse descriptive des résultats 38
3.2. Analyse statistique 38

3.2.1. Analyse de la variance 38
3.2.2. Analyse fréquentielle 38

Partie III: Résultats et Discussion

1 .Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver (variable étudiée : altitude) 39
1.1. Analyse descriptives des résultats obtenus 39
1.2. Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver 39
1 .3. Analyse fréquentielle des effectifs des nids d'hiver dans les deux stations étudiées 40
2. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver (variable étudiée : Exposition) 41
2.1. Analyse descriptives des résultats obtenus 41
2.2. Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver : 42
2 .3. Analyse fréquentielle des effectifs des nids d'hiver dans les deux stations étudiées 43
3. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver (variable étudiée : Hauteur des arbres) 45
3.1. Analyse biométrique des arbres situés dans les stations, Rouissette (S1) et Zeggai (S2). 45
3.2. Analyse descriptives des effectifs des nids dénombrés en relation avec les hauteurs des arbres 48
3.3. Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver 49
4. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver (variable étudiée : Le type de peuplement) 50
4.1. Analyse descriptives des résultats obtenus 50
4.2. Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver 51
5. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver (variable étudiée : L'effet de la lisière) 52
5.1. Effet de la lisière au niveau de la station Rouissette (S1) (Altitude 1100-1200m, Exposition Sud peuplement naturel). 52
5.2. Effet de la lisière au niveau de la station Rouissette (S2) (Altitude 1100-1200m, Exposition Nord, peuplement naturel). 52
5.3. Effet de la lisière au niveau de la station Zeggai (S3) (Altitude 900-1000m, Exposition Nord, peuplement naturel) 52
5.4. Effet de la lisière au niveau de la station Hadj Tahar (S4) (Altitude 700-800m, Exposition Sud, reboisement) 52
5.5. Effet de la lisière au niveau de la station Hadj Tahar (S5) (Altitude 700-800m, Exposition Nord, reboisement) 52
5.5.1. Analyse descriptives des résultats obtenus 52
5.5.2. Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver 53

5.6. Effet de la lisière au niveau de la station Zeggai (S6) (Altitude 900-1000m, Exposition sud, naturelle) 54
5.6.1. Analyse descriptives des résultats obtenus 54
5.6.2. Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver 54
6. Discussion des résultats 56
Conclusion Générale 59
Références Bibliographiques 60

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Aire de répartition du pin d'Alep dans le monde…… 4
Figure 2: Aspect des branches du pin d'Alep……5
Figure 3: Cycle biologique de la processionnaire du pin……. 10
Figure 4: Papillon mâle (a) et femelle (b) de la processionnaire du pin (Martin, 2005, Photo Démolin G. 2007)…… 11
Figure 5: Accouplement des adultes de la processionnaire du pin……... 12
Figure 6: Manchons de pontes de la processionnaire du pin…… 13
Figure 7: Les différents stades larvaires……... 13
Figure 8: Nid d'hiver de la chenille processionnaire du pin…….. 15
Figure 9: Lieu d'enfouissement des chenilles processionnaire du pin……..16
Figure 10: Dégâts causés par la chenille processionnaire du pin……... 17
Figure 11: Défoliation massive par T. pityocampa…….. 18
Figure 12:Variations des moyennes mensuelles des précipitations de 2006 à 2016 dans la zone d'étude…….. 28
Figure 13:Variations mensuelles des températures moyennes de 2006 à 2016 dans la zone d'étude…….. 30
Figure 14: Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et de Gaussen de la zone d'Ouled Anteur……... 31
Figure 15: Le diagramme d'Emberger de la région Ouled Anteur…… .. 34
Figure 16:vue générale de la station Rouissette (S1)……. **Erreu r ! Signet non défini.**
Figure 17: Photo représentant la station Zeggai…….. 36
Figure 18: Vue générale de la station de Hadj Tahar……... 37
Figure 19:Comparaison des moyennes de nombre de nids des deux stations…….. 40
Figure 20: Distribution fréquentielle des effectifs de nid (Station S1)……41
Figure 21: Comparaison de nombre moyen de nids en relation avec l'exposition…… 43
Figure 22: Distribution fréquentielle des nombres de nid (Exposition Nord)…….. 44
Figure 23: Distribution fréquentielle du nombre de nids (Exposition Sud)……... 45
Figure 24: Analyse fréquentielle des hauteurs des arbres dans la station Rouissette (S1)…...46
Figure 25: Distribution fréquentielle des hauteurs des arbres dans la stationZeggai (S2).. 47
Figure 26: Comparaison des moyennes des hauteurs des arbres des deux stations…… 48
Figure 27: Comparaison des moyennes des nids en relation avec la hauteur totale des arbres…… 49
Figure 28:Comparaison de nombre moyen des nids en relation avec le type de peuplement.. 51
Figure 29: Comparaison des nombre moyens des nids en relation avec la situation des arbres……53

Figure 30: Comparaison des nombres moyens des nids en relation avec la situation des arbres dans la station…… 55
Figure 31: La répartition des nids entre lisière et centre de chaque station étudiée…… 56

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Complexe prédateurs - parasites de la chenille processionnaire du pin…….. 21
5Tableau 2:La pluviométrie moyenne mensuelle en mm de 10 ans (2006-2016)…….. 27
Tableau 3:Les valeurs moyennes mensuelles et annuelles de température des 10 ans (2006-2016)……..... 29
Tableau 4:Les moyennes mensuelles des températures et de pluviométrie des 10 ans…… ... 30
Tableau 5: La moyenne mensuelle des températures minima et maxima des 10ans…… 32
Tableau 6:Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés.....38
Tableau 7:Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés.....41
Tableau 8:Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés……48
Tableau 9:Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés…… 50
Tableau 10:Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés.....52
Tableau 11:Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés…… 54

Résumé

Le pin d'Alep, *Pinus halepensis Mill*, est l'un des résineux les plus importants en Algérie, tant du point de vue économique, esthétique que culturel. Cet arbre connaît un dépérissement depuis plusieurs années suite à l'interaction de plusieurs facteurs destructeurs, entre autre, les insectes. La chenille processionnaire semble être le responsable de la majorité des dégâts observés sur le Pin. Le but principal de cette étude est de mettre particulièrement en évidence la répartition des nids d'hiver de la processionnaire sur le Pin d'Alep dans la forêt d'Ouled Anteur selon plusieurs facteurs tel que : Altitude, Exposition, Hauteur des arbres, Type de peuplement.

Mots-clés: pin d'Alep (*Pinus halepensis*), dépérissement, interaction, la chenille processionnaire, nids d'hiver

Abstract

Aleppo pine, *Pinus Halabi Mill* is one of the most important conifers in Algeria, both economically, aesthetically and culturally. This tree has been declining for several years due to several factors of destructive interaction, among other insects. Larva processional seems to be responsible for the majority of damage have been observed on the spit. The main objective of this study is to highlight in particular the distribution of processional winter nests on the Aleppo pine forest in children Anteur according to several factors such as: high, exposure, Height of trees, type of stand.

Key-words: Aleppo pine *(Pinus Halabi*), disintegration and interaction, caterpillar processional nests

الملخص

يعتبر الصنوبـــر البحري من بين الأشجـلو المهمة في الجزائـــــر بحيث أن لها دور اقتصـــادي، تزيينـــي و ثقافي ،إلا أن هذه الشجـرة عرفت تراجع لـكبيـــرا في السنـــــــوات الأخيـرة بسبب عدة عوامـــــل من بينه ـــا الحشـرات ، من أهم ها الدودة الجـــــــرارة التي تعتبر المســـؤول الرئيسي و المبـــاشر عن الخســـــائر و الأضـــــــرار الفاضحـــــــة التي استهدفت هـــذا النوع .

فالهدف الرئيسي من هذه الدراســـة معرفـــة العوامل التي تؤثر في توزيـــع أعشاش الدودة و من بين هذه العوامل نذكـــــر منها الارتفاع ،الاتجاه ،علو الأشجار، نوع الأشجار بصفة متنوعة أو متجانسة .

الكلمات السرية: الصنوبر البحري، الدودة الجرارة، الأضرار، توزيع الأعشاش.

Introduction Générale

En Algérie le patrimoine forestier couvre une superficie de 4,15 millions d'hectares, soit un taux de boisement de 11% pour le nord de l'Algérie. La forêt représente 1,3 millions d'hectares et le reste constitue les maquis, les garrigues et les terres improductives aux potentialités forestières. Plusieurs espèces de résineux et de feuillus rentrent dans les formations forestières algériennes.

Le pin d'Alep est l'une des espèces dominante par ses peuplements répartis sous forme de grands massifs sur l'ensemble du Nord Algérien. Cette espèce localisée dans la majorité des variantes bioclimatiques méditerranéennes de l'Algérie, peuplant même les zones les plus hostiles en marge du Sahara et de la steppe. Il forme des forêts importantes dont les valeurs écologiques sont variables (QUEZEL, 1986). Le pin d'Alep couvre 35% des surfaces boisées de l'Algérie du Nord, soit environ 800.000 ha (MEZALI, 2003). De part sa plasticité et de ses faibles exigences, le pin d'Alep reste l'espèce la plus utilisée dans les reboisements et dans la reconstitution des zones dégradées. Son rôle se manifeste par la fixation du sol par les racines d'une part et par la formation d'un couvert végétal assez large protégeant ce sol contre les pluies torrentielles d'autre part. Il s'accommode à tous les sols, lorsque les conditions climatiques lui sont favorables **(**SEIGUE, 1985 ; BENTOUATI *et al*, 2005).

Comme toute forêt du bassin méditerranéen, celle du pin d'Alep a subit depuis des siècles d'intenses pressions humaines (défrichements, coupes illicites, incendies, surpâturages) causant ainsi la déforestation et la régression du couvert végétal. A cela s'ajoutent ces dernières années les sécheresses successives et prolongées qui sont à l'origine du dessèchement et du dépérissement des arbres sur pieds. Tous ces facteurs conjugués ont entraîné une diminution nette de la couverture forestière. Toutefois, au cours de cette dernière décade, une attention particulière et un intérêt scientifique et forestier ont été exprimés pour cette espèce.

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

La chenille processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa*, qui est le principal insecte défoliateur des pins et du cèdre dans le pourtour méditerranéen (ROBINET et *al*. 2011), et aux zones rurales et forestières, elle étend progressivement son aire de répartition depuis les années 1980 en altitude et latitude (REVIERE, 2011). Contrairement à certains ravageurs causant la mort systématique de l'arbre hôte, les dégâts des insectes défoliateurs sont plus difficiles à prédire et à intégrer dans les modèles (PINKARD *et al* ; 2011). L'effet des défoliations sur la croissance et la productivité des arbres reste mal compris, intégrant de nombreux processus éco physiologiques au-delà d'une simple réduction de la photosynthèse.

L'objectif de la présente étude est d'apporter des informations sur les infestations de la processionnaire du pin dans la région d'Ouled Anteur, les données assemblées permettent de déterminer l'abondance des nids dans les milieux prospectés et l'estimation de taux de défoliation du pin d'Alep, en relation avec plusieurs variables. Ces variables permettent une réflexion sur la dynamique des populations de ce ravageur au cours du temps, et de contrôler la stratégie d'attaque en fonction de type de peuplement.

Ce travail est focalisé en trois parties, dans la première on s'intéresse à une synthèse bibliographique sur la processionnaire du pin, et le Pin d'Alep, principale plante hôte de ce ravageur. La présentation de la zone d'étude, et de la méthodologie adoptée est traitée dans le second volet de ce mémoire. La dernière partie est réservée à la présentation des résultats et leur interprétation.

Chapitre I : Données bibliographiques sur le pin d'Alep

1. Introduction

Le pin d'Alep manifeste un grand pouvoir d'expansion admirablement adapté aux conditions écologiques moyennes de l'Afrique du nord c'est une essence colonisatrice par excellence (QUEZEL ET BARBERO, 1992).Il est l'un des arbres les plus communs sur le pourtour méditerranéen en occupant plus de 3,5 millions d'hectares et contenant plus de 90 sous espèces (BROCHIERO et *al*.1999). Cette essence résiste bien à la sècheresse et aux perturbations tout en étant d'une plasticité écologique remarquable. La grande majorité des pineraies s'y trouve entre 800 mètre et 1200 mètre. La longévité du pin d'Alep est estimée à 150 ans en moyenne elle est l'une des essences forestiers de reboisement les plus importantes. La hauteur de l'arbre dépasse généralement 20m et peut atteindre les 25m dans les conditions écologiques les plus favorables (QUEZEL ET BARBERO, 1992).

2. Position systématique de l'espèce dans le règne végétal

D'après DEBAZEC en 1965, ZARKO en 1965 ET KADIK en 1983. La systématique de *Pinus halpensis Mill* se présente comme suit :

Règne : Végétale
Embranchement : Gymnospermes
Ordre : Conifèrales
Sous ordre : Abiétales
Famille : Pinaceae
Genre : Pinus
Sous genre : Eupinus
Espèce : *Pinus halpensis Mill*

3 .Répartition géographique du Pin d'Alep

Le pin d'Alep est l'espèce la plus répandue sur le pourtour méditerranéen. D'après la carte de répartition, c'est dans la région méditerranéenne occidentale que se trouve son aire de

grande extension, mais il se localise aussi en divers points du bassin méditerranéen oriental (KADIK, 1987, UICN ; 2015, QUEZEL, 2000).

3.1. Dans le monde

En Europe, on le trouve bien développé en Espagne ou il forme des peuplements assez importants dans les zones littorales, vers l'intérieur, il se trouve en colonie disjointe dans la haute vallée du Tage et sur le pourtour de vallée de l'Ebre (KADIK, 1983).Le pin d'Alep représente 12% des forêts française, il est fréquent en Provence et assez peu répandu et épars à l'Ouest du Rhône ou il s'étant jusqu'aux environ de Montélimar (BECKER et *al*.1983).En Italie, il est peu abondant, il se rencontre sous forme de massif et occupe quelques localités en Sardaigne et en Sicile (KADIK, 1983).

Au proche Orient, en Syrie, il existe quelques peuplements qui existent sur le revers Ouest de la chaine des Alaouites. Sur le littoral Libanais, en Palestine et en Jordanie, le pin d'Alep forme quelques massifs importants **(**KADIK, 1983).

Au Maghreb Arabe : Les pays du Maghreb constituent la zone ou le pin offre le maximum de développement, il est rencontré à peu près partout sur les massifs montagneux (QUEZEL ET BARBERO, 1992). La figure 1 représente la répartition du Pin d'Alep dans le monde.

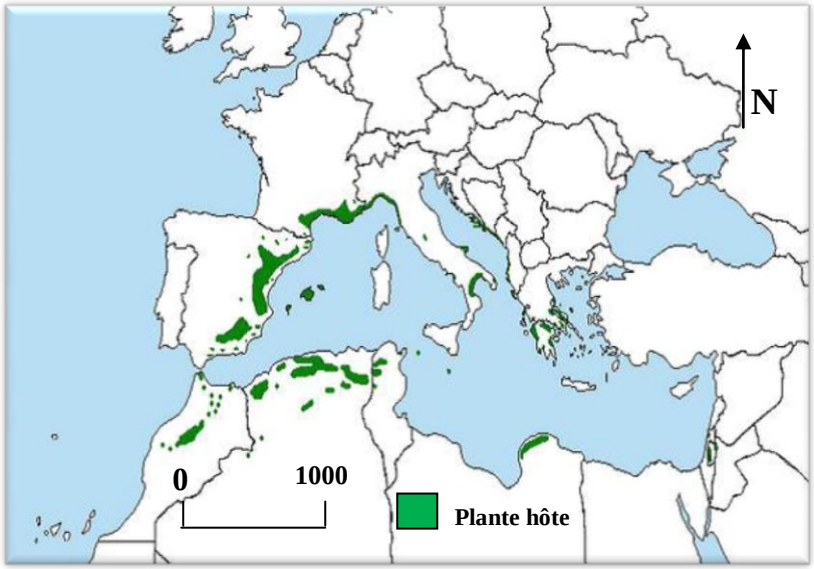


Figure 1: Aire de répartition du pin d'Alep dans le monde

(Source : FAO, 2012)

3.2. En Algérie

Pinus halepensis Mill, a une très large extension en Algérie, ou nous devons souligner l'importance de son aire qui couvre 850 000 ha, s'étendant essentiellement dans la partie septentrionale du pays (KADIK, 1983 ; PESSON, 1980).Au centre du pays, il forme de bons peuplements et constitue les forêts de l'Ouarsenis qui renferment 99 000 ha (Meliana, Médéa, Tablat) (DELMOND , 2002).A l'Ouest du pays, on trouve les forêts des monts de Saida, Mascara, Sidi belabbes, et de Tellagh avec une superficie de 143 000 ha. A l'Est du pays, ce sont les monts de Tébessa et des Aurès qui constituent la plus grande superficie 365 600 ha. Au niveau de l'Atlas Saharien, les forêts de pin d'Alep sont surtout localisées sur les monts d'Ouled Nail et les plus beaux peuplements sont situés sur les montagnes de Djelfa, Boussaâda, Medjedel et Boudenzir avec une superficie de 308 400 ha (DEBAZEC, 1965. ZARKO, 1965. KADIK, 1983, BENTOUATI ET BARITEAU, 2005).

4. Caractères botaniques de l'espèce

4.1. Description de l'arbre

C'est un arbre forestier résineux de deuxième grandeur qui peut parfois atteindre les 30 mètres de hauteur est souvent penché et peu droit avec une cime écrasée, irrégulière et claire mais ses branches sont assez étalées (figure 02) (BEKER *et al*., 1982). L'écorce est riche en tannin, est d'abord lisse de couleur argentée, puis devient crevassée avec des écailles de couleur gris-brunâtre (GUIGNARD, 2001 ; KADIK ,1950).



Figure 2: Aspect des branches du pin d'Alep

4.2. Le feuillage de l'arbre

Les rameaux du pin d'Alep sont vert clair, puis gris clair, assez fins. Il est polycyclique car cet arbre fait souvent une seconde pousse la même année. Les bourgeons sont non résineux, ovoïdes, aigus, bruns avec des écailles libres frangées de blanc (KADIK, 1987).Les feuilles ou les aiguilles sont de 6 à 10 cm de long avec une largeur de 1 mm, ils sont fines, molles, lisses et aigus, groupées par 2 en pinceaux à l'extrémité des rameaux (NAHAL, 1962 ; QUEZEL ET SANTA, 1963).

4.3. Le fruit

Les cônes sont gros avec une taille de 6 à 12 cm avec un pédoncule épais de 1à 2 cm, souvent isolés et réfléchis. Ils sont pourpres puis brun lustré avec des écussons aplatis, persistant plusieurs années sur l'arbre. Les graines sont de petite taille à aile longue, brun gris sur une face et gris moucheté à noir sur l'autre (KADIK, 1987).

5. Ecologie de l'espèce

Le pin d'Alep possède une très large amplitude écologique, on le rencontre dans tous les étages bioclimatiques. Cette espèce est à la fois halophile, xérophile, et thermophile (DELMOND ,2002).

5.1. Facteurs climatiques

Le pin d'Alep est très répondu dans des climats chauds, ainsi il supporte des variantes thermiques froides, fraiches et tempérées. Il s'adapte à des conditions écologiques parfois très difficiles**.** L'espèce présente un développement optimal dans les régions qui reçoivent entre 350 à 700 mm de pluie (DAMERDJI ,1990).

5.2. Facteurs édaphiques

Le pin d'Alep colonise des substrats marneux et calcairo-marneux**,** toutes fois, il peut exister sur des sols calcaires compacts, et il préfère un sol équilibré et constitué ; de sable, de limon, et de l'argile (BROCHIERO et al .1999) et (DAMERDJI ,1990).

6. Importance économique de l'espèce

Le pin d'Alep est une espèce résineuse, elle représente l'un des genres ligneux les plus importants dans nos forêts. La plus part sont appréciés pour leur multiple usages (bois, résine,…etc.).De même, les résineux contribuent à la protection des sols contre les différents

types d'érosion et constituent aussi une aire de loisir (VENET, 1986).Le bois du pin d'Alep est utilisé en caisserie, pour la fabrication de pâte à papier et de poteaux, si sa forme le permet. C'est un bois parfait pour la construction de pilotis ou de bateaux.

L'arbre de pin d'Alep produit également une graine comestible appelée « Zgougou », destinée à la confection d'une crème largement utilisée en Tunisie (DAHMAN, 1986).

L'arbre de pin d'Alep peu produire également de la résine grâce à une opération appelée gemmage. Cette opération consiste à « blesser » le tronc de l'arbre de pin d'Alep pour que ce dernier secrète de la résine afin de cicatriser cette blessure. Après distillation, la résine donne deux produits essentiels qui sont l'essence de térébenthine d'une part, et la colophane ou brai d'autre part (DELMOND ,2002). Ces deux produits de base peuvent à leurs tours être transformés en produits dérivés. Les possibilités d'utilisation de ces deux produits, essentiels et dérivés, sont aujourd'hui innombrables. L'essence de térébenthine se retrouve notamment dans les peintures, les vernis et dans de nombreux produits d'entretien (GUIGNARD, 2001). Après transformation, les dérivés obtenus permettent également de fabriquer des composés entrant dans la formulation de parfums ou d'arômes. Il existe également des applications médicales pour l'essence de térébenthine. Quant à la colophane, elle intervient principalement dans la fabrication d'adhésifs, de colles, de papiers ou d'encres d'imprimerie (GUIGNARD, 2001 ; DELMOND ,2002)

7. Conclusion

Le pin d'Alep est considéré comme une essence constituant la majorité des forêts algériennes. Cette espèce régénère soit naturellement par les graines qui se trouve au niveau des cônes, ou artificiellement par le reboisement. Le pin d'Alep est recherché par plusieurs ennemis naturels. Parmi les antagonistes les plus redoutables on cite la processionnaire du pin qui est considéré comme l'agent pathogène principale qui provoque des défoliations totales ou massives de l'arbre.

Chapitre II : Synthèse bibliographique sur la processionnaire de Pin d'Alep

1. Introduction

La processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa*, a été décrite par DENIS ET SCHIFFERMÜLLER en 1775. Elle fait partie des Lépidoptères venimeux présents en Algérie (DEMOLIN *et al.* 1996) à un développement hivernal. Connue depuis l'Antiquité pour son mode de déplacement en file indienne, la chenille processionnaire du pin provoque des dégâts forestiers considérables, pouvant aller jusqu'à la modification du paysage et engendrer d'importantes pertes économiques (DEMOLIN *et al.* 1996 ; RIVIERE, 2011). Outre ces conséquences écologiques, elle est également responsable d'atteintes médicales chez les Hommes et les animaux par l'intermédiaire de ses poils urticants (RIVIERE, 2011).

2. Position systématique

La processionnaire du pin fait partie de la classe des insectes, de l'ordre des Lépidoptères et appartient à la famille des Notodontidae et à la sous famille des *Thaumetopoeinae*. Elle se classe dans le genre *Thaumetopoea*, espèce: *Thaumetopoea Pityocampa*. En latin, *pityocampa* signifie « chenille du pin » (*campa* = chenille, *pityo*= pin) et *Thaumetopoea* signifie « qui vénère la verdure » (*thaumeto*= vénérer, *poea*= herbe). La sous famille comprend un seul genre *Thaumetopoea*, représenté par 12 espèces de processionnaires (AGENJO, 1941 ; KIRIAKOFF, 1970 ; SCHINTLMEEISTER, 2013).

3. Aire de répartition de la chenille processionnaire du pin

Les insectes ne se répartissent pas d'une manière aléatoire dans le globe terrestre. Chaque espèce occupe une aire de répartition en fonction de ces exigences climatiques particulièrement, la température et l'humidité, mais également en fonction de l'abondance des plantes hôtes, et de l'absence de compétiteurs d'espèces plus dynamiques (ALBOUY, 2010). L'aire de répartition de la chenille processionnaire du pin s'étend de l'Europe centrale et méridionale jusqu'en Afrique du nord et au Proche-Orient. Elle est présente dans l'ensemble des forêts de pin et de cèdre du bassin méditerranéen. Elle atteint, en France, la limite nord de son aire d'extension et en Algérie, le barrage vert est sa limite sud (DEMOLIN *et al.* 1996). Ce défoliateur est présent dans l'ensemble des forêts résineuses, de pin et de cèdre.

Ses pullulations sont temporaires avec des défoliations non négligeables dans les forêts naturelles, mais les plus sévères sont observées dans les reboisements (ZAMOUM, 1998 et 2002). La présence et l'intensité de ses dégâts sont étroitement dépendants des caractéristiques climatiques locales (température et ensoleillement). En France, la chenille processionnaire du pin est présente sur une grande partie du cipalement, dans les zones sous influences océanique et méditerranéenne, le long de la côte méditerranéenne, en Corse et sur la côte atlantique. Au cours des dernières décennies, la processionnaire du pin progresse vers le Nord et en altitude dans les Alpes, le Jura, les Pyrénées et le Massif Central, corrélativement au réchauffement climatique noté (ROUSSELET, 2008).

L'évolution réelle de l'aire de répartition entre 1969 et 1996 a été étudiée par (DEMOLIN *et al.* 1996), qui montrent une progression de l'insecte vers le nord de la France. Cette progression est du au réchauffement climatique global observé depuis le début des années 70 en Europe du Nord. Cette hypothèse est confirmée par GOUSSARD *et al.* (1999), ET HODAR *et al*. (2003). Pour *T. piyocampa* la température reste le facteur déterminant de sa distribution et de l'état sanitaire des peuplements forestiers. (DAJOZ, 2007) met le point sur les exigences thermiques déterminants la répartition de cet insecte, où la température létale supérieure est de 32°C et la température létale inférieure de -6°C pour les chenilles isolées, et de -10°C pour les chenilles réunies en colonie qui se regroupent dans le nid d'hiver.

4. Ecophases et comportement biologique de l'espèce

La processionnaire du pin est une espèce monovoltine. Son cycle peut cependant s'étalé sur plusieurs années en fonction des conditions écologique du milieu (HUCHO ET DEMOLIN ,1970). La processionnaire du pin est extrêmement dépendante des conditions climatiques notamment la température et l'ensoleillement. De fortes variations sont notées dans son cycle selon la latitude et l'altitude des populations (MARTIN ET BONNET ,2007). Le cycle s'effectue en deux phases à deux strates différentes de l'écosystème ; l'une aérienne (évolution larvaire en cinq stades), l'autre souterraine (pré nymphose et nymphose) (MARTIN ET BONNET, 2007). Les différentes écophases de son évolution sont synthétisées et illustrées par la figure 03.



Figure 3: Cycle biologique de la processionnaire du pin

(MARTIN, 2007)

4.1. La phase aérienne

La durée de la phase aérienne varie de cinq à huit mois et comprend plusieurs étapes, de l'émergence des papillons jusqu'à l'enfouissement précédant la nymphose. (MARTIN, 2007).

4.1.1. Les adultes

Les papillons de la processionnaire sortent de terre au cours de l'été, de la mi-juin à la fin de mois d'août suivant les régions et ils n'ont qu'une vie éphémère (MARTIN, 2007). Après un vol de quelques heures, les mâles attirés par les effluves sexuels vont à la recherche de leur future partenaire, puis s'accouplent (MARTIN, 2005). Une fois l'accouplement terminé, les femelles, se dirigent en vol vers les arbres, et montrent ainsi une attirance très nette vers les arbres isolés ou de crêtes (DEMOLIN, 2007). D'arbre en arbre, la femelle gravide effectue un choix sélectif à l'intérieur du peuplement, en, comparant le diamètre et la structure des aiguilles ou des rameaux rencontrés (RIVIERE, 2011).Ainsi à la recherche du végétal le plus favorable à la ponte, la femelle pourra parcourir plusieurs kilomètres, elle n'abandonnera ses œufs sur d'autres essences que le pin, qu'en ultime recours (MARTIN, 2005).

La femelle dispose d'une zone productrice d'écailles sur la partie dorsale de son dernier segment abdominal (Figure 4) (flèche rouge sur la figure 4 b). Ces écailles serviront à recouvrir les œufs lors de la ponte (RIVIERE, 2011). Le comportement des adultes dépend de leur sexe. Les mâles sortent de terre les premiers. Après une période d'inactivité de deux à quatre heures, la femelle attire le mâle en émettant une phéromone spécifique (RIVIERE, 2011).L'accouplement dure environ une heure, puis les papillons s'envolent de nouveau (figure 5).

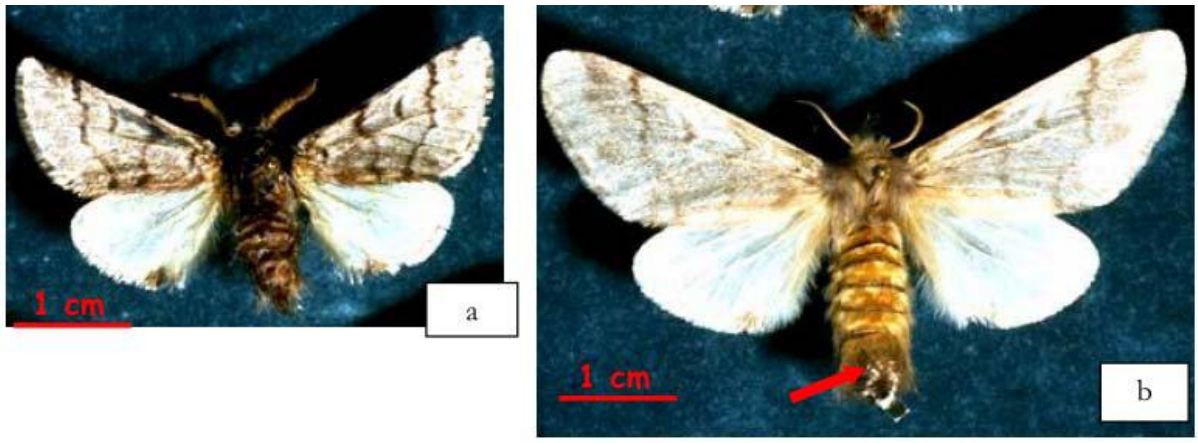


Figure 4: Papillon mâle (a) et femelle (b) de la processionnaire du pin

(MARTIN, 2005, PHOTO DEMOLIN G. 2007)



Figure 5: Accouplement des adultes de la processionnaire du pin

(MARTIN, 2005, PHOTO DEMOLIN G.)

4.1.2. La ponte

Après l'accouplement, la femelle part à la recherche du lieu idéal pour la ponte. Elle choisit ainsi préférentiellement des arbres dont la silhouette se découpe bien sur fond clair (en lisière de forêt par exemple (RIVIERE, 2011)**.** La femelle dépose ensuite ses œufs le long d'une ou deux aiguilles de pin et les recouvre par de nombreuses écailles qu'elle prélève à l'extrémité de son abdomen (DEMOLIN, 1969). Ces écailles sont disposées régulièrement à la surface des œufs, comme les tuiles d'un toit, ce qui conduit à la formation d'un manchon cylindrique de quatre à cinq centimètres de long, dont la couleur est proche de celle de bourgeons de pin (RIVIERE, 2011) (figure 6). Chaque ponte comporte une moyenne de 200 œufs (DEMOLIN, 1969).



Figure 6: Manchons de pontes de la processionnaire du pin.

(LEQUET, 2010)

4.1.3. Développement larvaire

Au cours de son évolution la processionnaire passe par cinq stades larvaires (Figure 7). A ce stade, deux périodes distinctes sont notées, à savoir la période ambulatoire allant de l'éclosion aux premiers froids, la deuxième est notée au cours de la formation du nid d'hiver (DEMOLIN, 1971).



Figure 7: Les différents stades larvaires

(MARTIN, 2007)

- **La période ambulatoire**

Les chenilles, quels que soient leurs stades, sont grégaires et vivent en colonie. Cette particularité physiologique disparaît au stade adulte (MARTIN, 2005).

Dès l'éclosion, les chenilles L1 tissent un réseau de soie très léger autour du manchon de ponte, qu'on appelle un « pré-nid ». La nuit, elles sortent s'alimenter, elles dévorent dans un premier temps les aiguilles à proximité, puis se déplacent sur les branches lorsque la nourriture commence à manquer (DAJOZ, 1998). Elles tissent des fils de soie pour retrouver le chemin de leur nid. Dans certaines conditions, par exemple lorsque les températures nocturnes sont trop basses ou lors de surpopulation, l'alimentation peut avoir lieu pendant la période diurne (MARTIN, 2005). La colonie effectue des migrations successives, qui sont dans un premier temps liées au manque de nourriture, puis à la baisse des températures automnales. A chaque déplacement, elles abandonnent leur « pré-nid ». Les chenilles se dirigent vers des endroits ensoleillés, où elles pourront construire leur nid d'hiver (DEMOLIN, 1971).

- **Le nid d'hiver**

Pour faire face aux températures hivernales, les chenilles, généralement au stade L_4, construisent un « nid d'hiver » à l'extrémité des branches les plus hautes et les plus ensoleillées (figure 8) (DEMOLIN, 1969). Ce nid, constitué de deux enveloppes de soies superposées (une interne de forte épaisseur et une externe constituée d'un tissage très lâche), peut contenir jusqu'à 200 ou 300 hôtes. Il est constitué de petites loges et ne comporte pas d'orifice de sortie, les chenilles pouvant passer à travers les mailles (FABRE, 1899).



Figure 8: Nid d'hiver de la chenille processionnaire du pin

4.2. Phase souterraine

4.2.1. La nymphose

Une quinzaine de jours après l'enfouissement (figure, 9), les chenilles tissent des cocons individuels, dans lesquels elles se transforment en chrysalides, c'est la nymphose (MARKALAS, 1989). Quelques jours plus tard c'est la diapause. La durée de cette phase est variable. Le cycle de développement de la chenille processionnaire du pin est habituellement annuel : ainsi, la durée de la diapause s'adapte à celle du développement larvaire, pour que le cycle s'achève sur l'année (MARKALAS, 1989). La diapause terminée, s'ensuit une reprise métabolique importante. L'adulte sera prêt à sortir de terre, une fois sa morphogenèse achevée, environ un mois plus tard (MARTIN, 2007).



Figure 9: Lieu d'enfouissement des chenilles processionnaire du pin

4.2.2. Emergence des adultes

Les adultes de la processionnaire du pin émergent du sol au cours de la période estivale avec un maximum d'émergence noté vers la seconde décade de mois de juillet (DEMOLIN, 2007). Ils se libèrent de leur cocon grâce à des crêtes sclérifiées situées sur leur tête, qui leur permettent de découper l'enveloppe qui les entoure (GUERRERO *et al*, 1981). Les adultes ont une durée de vie limitée de 24 à 48 heures. A leur sortie les adultes sont actives et peuvent parcourir plusieurs kilomètres (DEMOLIN, 1969). Malgré le dimorphisme sexuel prononcé, les deux sexes se ressemblent notamment par leurs ailes de couleur gris blanchâtre. L'envergure des adultes et de 30 à 35 mm. Les mâles ont tendance à sortir les premiers le soir au crépuscule et sont suivis peu de temps après par les femelles. Quelques heures après leur émergence l'activité et la fécondité des papillons débutent. (GUERRERO *et al*, 1981, HUCHON ET DEMOLIN, 1970).

5. Nuisibilités de l'espèce

5.1. Les défoliations

5.1.1. Périodicités des défoliations

Dès l'éclosion, à l'automne, les chenilles commencent à se nourrir des aiguilles de l'arbre hôte, puis les défoliations s'intensifient au cours de l'hiver (TURPIN, 2006).Les préjudices écologiques dépendent donc du stade d'évolution des chenilles. Les premiers stades (L_1, L_2, L_3) sont peu nuisibles (MARTIN, 2005). La présence des chenilles se manifeste par l'existence d'aiguilles roussâtre à proximité des prés nids (figure10 et 11) (DEMOLIN, 1969). L'activité alimentaire s'intensifie à partir du mois de janvier, en raison de la reprise de l'activité métabolique des chenilles. Les dégâts sont alors plus importants (MARTIN, 2005).



Figure 10: Dégâts causés par la chenille processionnaire du pin



Figure 11: Défoliation massive par T. pityocampa

5.1.2. Impact des défoliations

Les mortalités d'arbres suite aux défoliations des chenilles processionnaires sont très rares et ne surviennent que si d'autres facteurs affaiblissent les pins (ROUSSELET, 2008). Les peuplements les plus exposés au risque sont les arbres situés en lisière. La femelle choisissant préférentiellement des arbres dont la silhouette se distingue bien sur fond clair pour la ponte, en particulier ceux orientés sud / sud-ouest (RIVIERE, 2011). Les défoliations sont moindres à l'intérieur de peuplements fermés (MARTIN, 2005). Ainsi, l'évaluation de la défoliation moyenne d'un peuplement nécessite d'étudier à la fois les arbres en lisière, mais aussi les arbres à l'intérieur des peuplements, souvent moins touchés (RIVIERE, 2011).

Les défoliations causées par la processionnaire provoquent des pertes de croissance et de biomasse, visibles les années suivant l'infestation, mais également dès l'année d'occurrence de la défoliation (ARNALDO *et al,* 2010). Lors de défoliation totale, la diminution de croissance (en volume, circonférence et hauteur) est de l'ordre de 25 à 30% sur trois années consécutives, la période de récupération, au bout de laquelle les arbres retrouvent leur croissance normale est de trois ans environ (LEMOINE, 1977). Toutefois, lors d'attaques intenses, le cerne d'accroissement peut être nul l'année suivant la culmination des populations

de chenilles et les pertes moyennes peuvent s'élever à plus de 80% sur toute la durée de la gradation (LAURENT-HERVOUËT, 1986). La perte d'accroissement est directement proportionnelle à l'intensité des attaques. (ARNALDO *et al.* En2010, ET HODAR *et al*. en 2003), ont montré qu'outre la perte de croissance, les défoliations provoquaient également une diminution des capacités de reproduction des arbres. Par rapport aux arbres sains, les pins défoliés produiraient ainsi près de 50% de graines en moins, et celles-ci auraient un poids diminué de 40%. Les capacités de régénération des peuplements infestés sont donc entravées par la présence des chenilles processionnaires (ARNALDO *et al,* 2010).

5.2. Propriétés urticantes

Au troisième stade, les chenilles développent sur la face dorsale de petites poches particulières ou « miroirs » renfermant des poils urticants (MARTIN, 2005). Au moindre danger, les « miroirs » sont ouverts et les poils de taille microscopique libérée assurent un barrage venimeux autour de la colonie pour leur protection, transportés facilement par le plus faible courant d'air, ils envahissent toute la forêt lors des phases de gradation (ARNALDO, 2010). Ils provoquent chez l'homme et les animaux de nombreux troubles histaminiques limités habituellement à des rougeurs et à des démangeaisons pénibles. L'action allergique des poils urticants peut se compliquer à la formation d'œdèmes doublés de troubles oculaires voire même d'accidents respiratoires et de vertiges (HUCHON ET DEMOLIN, 1970).

6. Les principales essences hôtes de l'espèce

La chenille processionnaire du pin est phytophage : elle se nourrit des aiguilles de pins. Au cours de l'émission des œufs, la femelle réalise la distinction entre les diverses espèces d'arbres. Le support recherché doit être rugueux afin de permettre une attache optimale des griffes de la femelle (DEMOLIN, 1969). De plus, l'essence de l'arbre peut également influencer le développement et la survie des larves (HODAR *et al*, 2002). La survie des chenilles est supérieure sur le *Pinus sylvestris* et le *Pinus nigra* que sur le *Pinu spinaster* et *Pinus halepensis* (MONTOYA, 1984).MARTIN en 2005, a établi une classification des arbres hôtes, selon les préférences de la chenille processionnaire.

- Pin noir d'Autriche (*Pinus nigra* subsp. *Nigricans* Host)
- Pin Laricio de Corse (*Pinus nigra* subsp. *Laricio* Poiret)
- Pin Laricio Sulzmann (*Pinus nigra* subsp. *Clusiana* Clem.)
- Pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.)
- Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.)

- Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.)
- Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Carr.),
- Cèdre du Liban (*Cedrus libani* Rich.)
- Douglas (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.)
- Sapin (*Abies concolor* Lindl).

7. Les principaux ennemis naturels de l'espèce

Les ennemis naturels de la chenille processionnaire du pin sont nombreux et présents à tous les stades du cycle de développement, il peut s'agir de prédateurs, de parasites, ou encore de virus ou bactéries (tableau 1)

Tableau 1:Complexe prédateurs - parasites de la chenille processionnaire du pin

Stades	**Œufs**	**Chenilles**	**Chrysalides**	**Papillons**
Prédateurs	Ephippigère (des vignes) (*Ephippiger ephippiger* Fi. (1))	-Syrphe (de la filipendule) (*Xanthandrus comtus* Harr. (2)) -Coucou geai (*Clamator glandarius* L. (4)) -Mésange charbonnière (*Parus major* L. (4))	La Huppe (*Upupa epops*L. (4))	Chauves-souris insectivores (7).
Parasites	Guêpe (solitaire) de la famille des Encyrtidés (*Ooencyrtus pityocampae* Mer. (3)) -Guêpe (solitaire) de la famille d'Eulophidés (*Baryscapus servadei* Dom. (3)) -Trichogrammes : chalcidiens de la famille des Trichogrammatidés (*Trichogramma*sp. (3))	-Mouche des chenilles de la famille des Tachinidés (*Phryxe caudatata* Rond. (2)). -Guêpe (solitaire) de la famille des Ichneumonidés (*Erigorgus femorator* Aub. (3)). -Mouches de la famille des Tachinidés (*Compsilura concinnata* Meig. (2) et *Ctenophorocera pavida* Meig. (2)). -Mouche de la famille des Exoritinés (*Exorista segregata* Rond. (2)) -Guêpes (solitaire) de la famille des Braconides (*Apanteles vestalis* Hal. (3) et *Meteorus versicolor* Wsi. (3)). -Champignon entomopathogène (*Beauveria bassiana* Bals. (5)) -Bactérie entomotoxique (*Bacillus thuringiensis*(6)).	-Guêpe (solitaire) de la famille des Ichneumonidés (Coelichneumon rudis Fonsc. (3)). -Guêpe solitaire) de la famille des Ptéromalidé (Conomorium erimita (3)). -Mouche de la famille des Bombylidés (Villa brunnea Beck(2)). -Champinon entomopaphogene (Cordiceps militaris L (5)).	
Virus		Virus entomopathogène (*Smithiavirus pityocampae*)		

(1) orthoptère ; (2) diptère ; (3) hyménoptère ; (4) oiseau ; (5) champignon ; (6) bactérie ; (7) mammifère (Bonnet *et al.* 2008)

8. Impact de quelques facteurs sur la répartition de l'espèce

De nombreux facteurs peuvent influencer le cycle de développement de *Thaumetopea pityocampa*, en particulier l'ensoleillement et la température (RIVIERE, 2011).

8.1. Ensoleillement et photopériode

La chenille processionnaire du pin n'est présente que dans les régions où la durée moyenne d'insolation annuelle est supérieure à 1800 heures. C'est pourquoi elle est généralement absente sur les versants nord des montagnes de la France (RIVIERE, 2011). La photopériode joue également un rôle prépondérant dans le cycle de *Thaumetopoea pityocampa* (MARTIN, 2005)*;* en effet, les chenilles processionnaires s'alimentent la nuit, lorsque les températures sont basses, et se regroupent dans la journée pour digérer (RIVIERE, 2011).

8.2. Température

Les chenilles processionnaires du pin sont capables de s'adapter afin de compenser d'éventuelles variations climatiques, comme l'illustre la construction et l'orientation du nid d'hiver, permettant d'allier effet de masse et insolation maximale (MARTIN, 2005). Il existe cependant des seuils critiques de température à ne pas dépasser. En effet, une température excédant les 32°C peut causer la mort de nombreux individus ou faciliter l'installation de maladies épidémiques sur les œufs ou les larves. L'optimum de développement se situe entre 20 et 25°C, ce qui explique le développement hivernal de *Thaumetopoea pityocampa* (DEMOLIN, 1969). Lorsque la température moyenne mensuelle dépasse 25°C, les individus se regroupent en masse afin de ralentir la montée thermique de chaque individu, les adultes émergeront alors plus tardivement, pour assurer à leur descendance un optimum thermique vital (DEMOLIN, 1969). A l'inverse, plus l'été sera doux (altitude élevée ou latitude nordique par exemple) et plus les adultes pourront émerger précocement (RIVIERE, 2011). Le seuil critique inférieur, température basse à laquelle les chenilles meurent, est de -7°C pour un individu isolé, mais il peut attendre -16°C lorsque les chenilles sont regroupées, grâce à l'effet bénéfique du rassemblement des individus (HOCH *et al*, 2009).

L'alimentation des chenilles dépend également de la température. Deux conditions sont en effet nécessaires : association d'une température supérieure à 9°C dans le nid durant le jour et d'une température de l'air supérieure à 0°C la nuit (BATTISTI *et al*, 2005). Si l'une de ces conditions n'est pas respectée, le taux de survie des chenilles diminue, car celles-ci ne sortent pas s'alimenter (BUFFO *et al*, 2007).

8.3. Altitude et latitude

La durée du développement larvaire varie selon trois principaux facteurs : la température et l'amplitude thermique, la radiation globale et la photopériode. Grâce à ses observations, DEMOLIN a élaboré en 1969 un abaque synthétique représentant la date de déclenchement et la durée des différentes phases du cycle en fonction de la latitude ou de l'altitude. Cet abaque montre ainsi que plus l'altitude augmente, ou plus la latitude est nordique, plus la température moyenne diminue. La durée du développement larvaire augmente alors, au détriment de la diapause nymphale.

9. Moyens de lutte contre la processionnaire du Pin

La lutte contre la chenille processionnaire du pin ne permet pas d'éviter une nouvelle infestation, mais consiste uniquement à protéger les jeunes peuplement, et à limiter localement les populations de ravageurs à des niveaux assez bas **(**LEBLOND *et al*, 2010). La lutte contre ce dèfoliateur prend quatre formes principales :

- ✓ La lutte biologique, en utilisant les ennemis naturels de l'espèce
- ✓ La lutte mécanique, par arrachage et destruction des nids d'hiver
- ✓ La lutte chimique, par l'utilisation de produits moins toxique, moins persistant, et sélectifs
- ✓ La lutte sylvicole, les forêts aménagées résistent mieux aux attaques de ravageurs.

Chapitre I: Présentation de la zone d'étude

1. Situation géographique de la région d'étude

La région d'Ouled Anteur se situe au centre du pays à 150 Km au sud d'Alger. Le massif forestier de la zone d'étude s'étend sur une superficie de 34112 hectares et se subdivise en trois forêts : Ouled Anteur, Ouled Hellal, Righas.

2. Le relief de la région d'étude

Le massif forestier occupe les collines montagneuses de l'Atlas tellien. Ces chaines constituant la partie Est de l'Ouarsenis, s'étendent vers le Sud jusqu'à la commune d'Oum-el-djellil. Le relief de ce massif a un alignement dit de direction Sud-ouest, Nord-est. Les différents mouvements tectoniques qui ont affecté la région lors du crétacé supérieur et inférieur l'ont transformé en un plissement Orogénique de stratigraphie de marne, calcaire et grés dominant laissant apparaitre un relief vallonné, peu élevé à l'exception de quelques sommets et falaises de calcaire dur et de grés affleurant (BNEDR, 1987). Le reste du relief est constitué de collines peu élevées ne dépassant pas 850 m à l'exception de quelque djebel et Kef situé au centre de la forêt d'Ouled Hellal dont l'altitude moyenne ne dépasse pas 1100 m. Cependant les reliefs au centre de la forêt d'Ouled Anteur sont plus accentués. Par ailleurs plusieurs glacis d'ébouillis du quartenaire récent recouvrent la région. Ces glacis sont de superficie variable dont les plus importants sont situés au Nord-Est de la montagne el- Guessa et au Nord de kef-Fettaidja. Les pentes accentuées favorisant une érodabilité importante des sols, ce qui provoquait un envasement rapide du : barrage Ghrib par les forêts de Ouled Hellal et Ouled Anteur (BNEDR, 1987).

3. Présentation de la forêt d'Ouled Anteur

3.1. Généralités sur la forêt d'Ouled Anteur

La forêt d'Ouled Anteur couvre une superficie avoisinant les 11.000 hectares. L'essence principale est le pin d'Alep (*Pinus Halepensis*), celui-ci est présent sous différents âges et différentes formes; futaie, perchis, goulis, fourré, et semis. Le Pin d'Alep espèce de la strate arborescente peut atteindre plusieurs mètres de hauteur dans la futaie adulte, avec une densité moyenne. Certains sujets atteignent jusqu'à 20 mètres de hauteur. Cependant plus les sujets de Pin d'Alep sont jeunes et plus la densité est élevée.

3.2. La végétation de la forêt d'Ouled Anteur

Dans la forêt d'Ouled Anteur, le Pin d'Alep présente une large répartition, et une distribution hétérogène dans les peuplements naturels. Il est associé à un sous-bois constitué principalement de : *Quercus ilex, Quercus coccifera, Pistacia lentiscus, Colicotome spinosa, Scirpus, Purefem, Ononis spinosa, Rosmarinus officinalis, Ocimum, Rhizophora, Gerres oyena,* et de *Genevrier commun*. L'âge des arbres est très variable. D'autres peuplements de la forêt d'Ouled Auteur sont issue d'un reboisement, ils sont homogène, et de même âge.

3.3. La faune de la forêt d'Ouled Anteur

La faune de la forêt d'Ouled Anteur, est très peu étudiée. L'inventaire des espèces animales a été établi sur la base des enquêtes auprès des habitants riverains de la région, elle est classée en mammifères non chassés et en gibiers.

3.3.1. Les mammifères non chasses :

Les espèces de mammifère sont représentées principalement par ; le lérot, la souris, le hérisson, et la belette.

3.3.2. Les mammifères gibiers :

Les espèces les plus répondue sont :

Le lièvre : en grande nombre il cause, des dommages sur les cultures des revins, il est une proie pour les chasseurs et pour les prédateurs. Le porc-épic espèce redoutable pour les cultures mais recherchée pour la qualité de sa chair.

Le sanglier animal très redouté pour les dégâts qu'il cause en terrains agricoles. En forêt il contribue à l'aération du sol et à l'élimination des plantes herbacées favorisant ainsi la régénération des essences forestières.

Le lynx *(Félis Caracal*), le chacal *(Canis Aurens*), le renard *(Vulpes Vulpes)*, le chat sauvage *(Félis Libyca)*, l'hyène rayée *(Hyaena Hyena)*, sont aussi très répondu dans la forêt d'Ouled Anteur.

3.3.3. Les oiseaux

La forêt de d'Ouled Anteur abrite plusieurs espèces d'oiseaux ; parmi les espèces d'oiseaux sédentaires :

La perdrix qui vie dans les zones rocailleuses et vallonnées, elle détruit les cultures céréalières et les graines issues des peuplements forestiers, la perdrix est la cible des chasseurs.

La caille, la tourterelle rencontrée surtout dans les crêtes de montagnes.

Les oiseaux migrateurs sont représentés par les étourneaux, et les hirondelles. D'autres espèces viennent dans la forêt pour vivre une période de l'année puis émigrent vers d'autres régions.

Afin de préserver les espèces et l'équilibre du milieu forestier, il est impératif de réglementer la chasse, répression de braconnage, procéder à des lâchers d'espèces pouvant s'acclimater à la région et créer aux espèces existantes toutes les conditions de vie, sources d'eau et surveillances de la reproduction, autant de facteurs qui favoriseraient la multiplication de l'espèce (BNEDR, 1987).

4. Caractéristiques climatiques de zone d'étude

Les paramètres climatiques figurent parmi les facteurs écologiques qui influencent les populations d'insectes dans leur biotope. Il s'agit d'une double influence, à la fois directe et indirecte, car le climat conditionne déjà le développement des arbres qui servent de biotopes de sélections aux insectes (CHARARAS, 1979). Les modifications du climat en général déterminent pour une grande part la répartition, le développement, l'activité et les pullulations des insectes (HMIMINA, 1986). Les moyennes mensuelles des températures et des précipitations concernant la décennie allant de 2006 à 2016 sont prise en considération pour tirer une analyse plus fiable des variations climatiques de la zone d'étude.

Les données climatiques nous ont été fournies par la station météorologique régionale de la wilaya de Blida.

4.1. Pluviométrie

Les précipitations constituent un facteur écologique d'une importance fondamentale, la répartition annuelle est importante aussi bien par son rythme que par sa valeur volumique absolue. Le volume annuel des précipitations conditionne en grande partie les biomes continentaux (RAMADE, 2003). La pluviométrie a une influence importante sur la biologie des espèces animales (MUTIN, 1977), par conséquent elle agit sur la vitesse de développement des animaux, sur leur longévité et leur fécondité (DAJOZ, 1971). Pour tirer plus d'information sur les variations des quantités pluviométriques, nous avons présenté des moyennes des précipitations mensuelles enregistrées sur une dizaine d'année.

La région d'Ouled Anteur reçoit en moyenne 400 mm de pluie d'après la carte pluviométrique de CHAUMONT ET PAQUIN (1971), à l'exception des reliefs dépassant 1000 m qui reçoivent entre 600 et 700 mm / an ce qui laisse supposer un climat semi-aride

dans les reliefs inférieurs à 800 m et au-delà de 800 m le climat devient subhumide (BNEDR, 1987). L'étude des régimes pluviométriques et thermiques est d'une importance capitale pour la caractérisation des différents types de climat, la pluviométrie moyenne mensuelle en mm de 2006-2016, est représenté sur le tableau 02.

Tableau 2:La pluviométrie moyenne mensuelle en mm de 10 ans (2006-2016)

M / A	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
2006	16,4	56,9	207,1	73,5	17,5	0	3,3	00	28,2	6,1	4,8	67,1	**480,9**
2007	25,7	85,8	107,2	170,1	31,2	2,3	17	10,4	66,2	82,2	180,2	79	**785,3**
2008	35,8	17	84,2	16,1	60,4	13,6	6,5	0,5	55,2	81,8	121,7	124,7	**617,5**
2009	181,2	25,1	76,4	126,3	45,8	0	8,6	6,6	85,7	17,5	85,3	91,9	**750,4**
2010	82,2	146,6	84,8	34,7	60,1	9,2	00	19	23,2	105,0	130,9	77,5	**773,2**
2011	91,7	163,5	71,1	144,4	119,9	24,1	4,2	7,00	30	58,3	149,6	65,3	**929,1**
2012	46,7	211,9	124,8	164,6	25,6	2,9	2,5	3,5	9,8	54,5	128,6	20,5	**795,9**
2013	114,5	122,2	78,7	76,1	155,1	11	1,2	26	24,9	13,4	138,4	92,6	**845,1**
2014	108	84,5	158,9	6,7	13,5	39,6	0,3	2,4	45,8	9,4	0,8	226	**695,9**
2015	142,7	301,6	47,3	00	18,9	19	0,2	12,2	81,9	37,9	32,5	0,3	**694,5**
2016	96,5	89,1	214,3	53,4	57,5	2,1	3	0	10,4	8,4	62,9	96,5	**694,1**
Moy10 ans	**85,58**	**118,56**	**114,07**	**78,71**	**55,04**	**11,25**	**4,25**	**7,96**	**41,93**	**43,13**	**87,60**	**85,58**	**733,718**
Ecart type	**51,25**	**84,25**	**56,21**	**63,42**	**44,98**	**12,35**	**5,01**	**8,40**	**27**	**35,34**	**54,41**	**58,16**	**151,639**

Source : station météorologique régionale de Blida

D'après le tableau n° 01 nous constatons que la pluie tombe pendant tous les mois de l'année mais d'une façon irrégulière, Les valeurs moyennes des données pluviométriques sont reportées sous forme d'histogramme pour mieux ressortir les variations enregistrées avec les écart-types (Figure12).

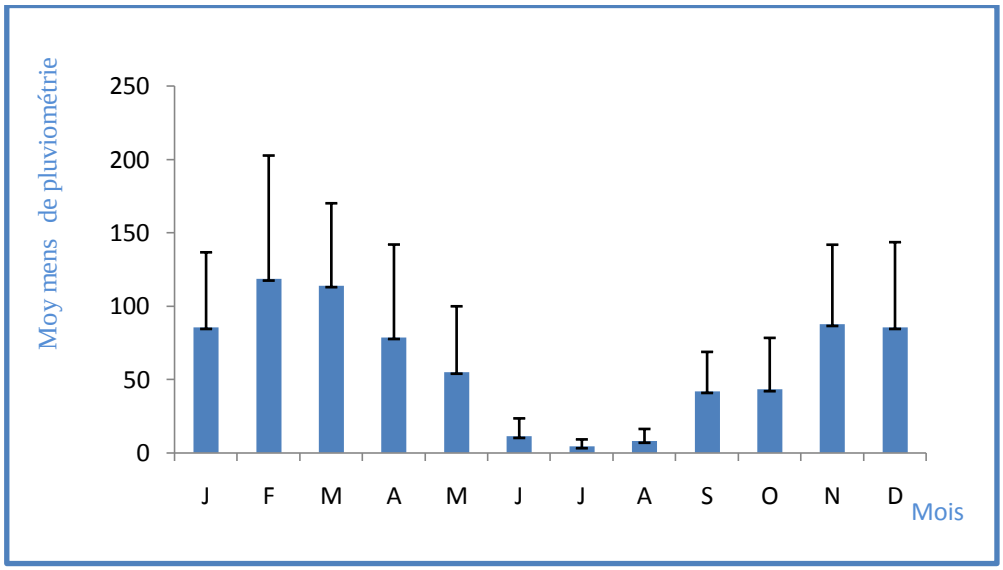


Figure 12:Variations des moyennes mensuelles des précipitations de 2006 à 2016 dans la zone d'étude

Les variations des moyennes mensuelles des précipitations calculées pour la période allant de 2006 à 2016 montrent que les valeurs les plus élevées sont enregistrées au cours du mois de février et de mois de Mars ; elles sont respectivement 118,56 mm et 114,07 mm. En période estivale, les quantités enregistrées sont très limitées, ne dépassant pas 4,25 mm. L'année 2011 reste la plus pluvieuse avec 929,1 mm, alors qu'en l'année 2006 la quantité pluviométrique se limite à 480,9 mm.

4.2. Température

Le facteur thermique, que mesure la température du milieu, est un facteur universel ; il contrôle la vitesse des réactions biochimiques, et par là il conditionne directement, en tout milieu, toute vie. L'étude de la température et plus précisément de ses valeurs extrêmes renseigne sur le comportement biologique des insectes ; elle détermine la période d'éclosion, la durée de développement larvaire, la rentré en diapause, et même le nombre de génération par année pour certaines espèces. Les valeurs moyennes mensuelles et annuelles des températures enregistrées de 2006 à 2016, sont représentées dans le tableau 03.

Tableau 3:Les valeurs moyennes mensuelles et annuelles de température des 10 ans (2006-2016)

M / A	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2006	4,8	5,7	11,3	16	20,3	23,7	27,4	24,5	20,9	20	13	7,5
2007	9,1	8,8	8,1	11,8	16,9	21,8	27,1	25,8	21,8	15,4	9,7	6,8
2008	7,9	9,2	9,6	13,7	15,9	21,5	26,9	27,1	21,4	15,9	8,7	5,9
2009	5,7	5,7	9,8	9	17,9	23,7	28,1	25,4	18,5	7,7	12,5	9
2010	6,6	7,7	9,7	12,6	14	20,1	27,1	25,5	20,4	15,4	9,4	7,9
2011	7	5,8	9	14,8	16,4	21	25,5	26,9	21,8	15,7	10,7	6,1
2012	6,6	3,2	10,4	11,3	18,8	24,3	26,6	29	21,5	16,9	11,4	8 ,1
2013	6	5,2	9,6	12,9	14,3	19,9	25,5	25,6	21,3	20,7	8,8	7,5
2014	7,9	8,7	8,7	14,5	16,9	21	24,6	26	23,1	18,3	12,1	6
2015	5,9	4	9,3	15,3	19,1	21,5	21,8	26,1	19,9	16,3	11,3	10,6
2016	9,1	7,9	8	13,1	16,7	22,3	26,4	24,7	20 ,6	18,2	10,1	9,1
Moy 10ans	**6,96**	**6,53**	**9,40**	**13,18**	**17,01**	**21,89**	**26,09**	**26,05**	**21,01**	**16,40**	**10,70**	**7,68**
E-type	**1,39**	**2,03**	**0,96**	**2,01**	**1,93**	**1,46**	**1,73**	**1,25**	**1,19**	**3,42**	**1,48**	**1,47**

Source : Station météorologique régionale de Blida

Les moyennes mensuelles des températures de la zone d'étude entre 2006 et 2016 sont portées sous forme d'histogramme afin de tirer plus d'informations sur les variations mensuelles au cours du temps (Figure13). Durant la période hivernale, les températures moyennes varient de 6,53°C à 7,68°C. Pendant la période estivale, les valeurs moyennes sont comprises entre 21,89°C et 26,09°C. Les écarts types sont plus marqués en automne et en hiver, ce qui peut avoir une répercussion sur la formation des nids d'hiver. L'analyse des données relatives aux températures montre que le mois de Janvier est le plus froid avec une moyenne minimale de 02,43°C, tandis que le mois le plus chaud est Juillet, avec une moyenne maximum de 35,71°C.

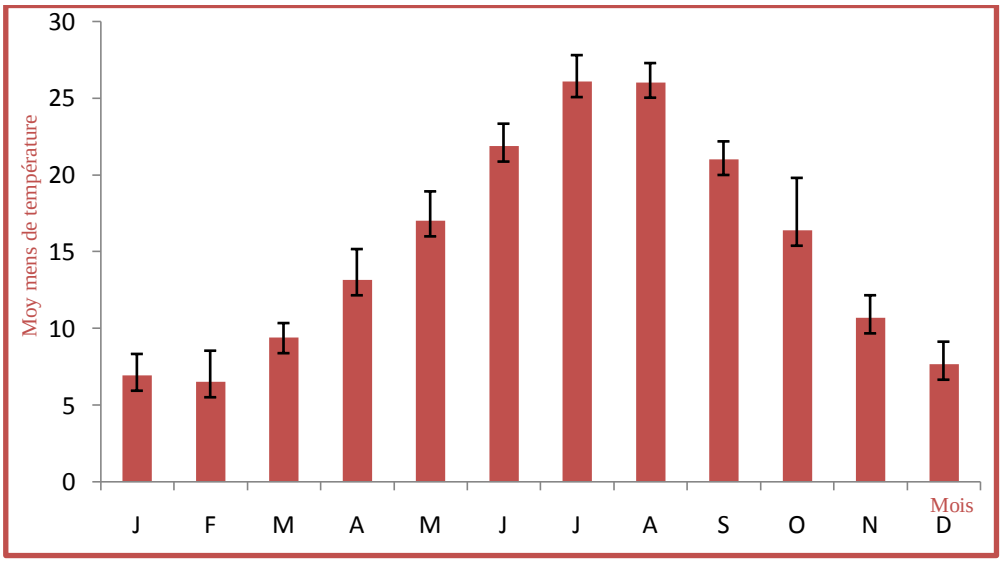


Figure 13:Variations mensuelles des températures moyennes de 2006 à 2016 dans la zone d'étude

4.3. Synthèse climatique

La température et la pluviosité sont considérées comme les deux principaux éléments du climat. Dans les biotopes terrestres RAMADE (2003), considère que le couple température-hygrométrie constitue la composante climatique principale. Les périodes humide et sèche sont mises en évidence grâce au diagramme ombrothermique de Gaussen alors que l'étage bioclimatique est déterminé par le climagramme pluviométrique d'Emberger. Le tableau 03 est une synthèse des valeurs moyennes mensuelles et annuelles de température des années de 2006 à 2016.

Tableau 4:Les moyennes mensuelles des températures et de pluviométrie des 10 ans

Mois	**J**	**F**	**M**	**A**	**M**	**J**	**J**	**A**	**S**	**O**	**N**	**D**
T(C°)	06,96	06,53	09,40	13,18	17,01	21,89	26,09	26,05	21,01	16,40	10,70	07,68
P (mm)	85,58	118,56	114,07	78,71	55,04	11,25	04,25	07,96	41,93	43,13	87,60	85,58

Source : Station météorologique régionale de Blida

4. 3.1. Diagramme Ombrothermique

Le diagramme Ombrothermique de Gaussen permet de déterminer les périodes sèches et humides de n'importe quelle région à partir de l'exploitation des données des précipitations mensuelles et des températures moyennes mensuelles (DAJOZ, 2003). D'après (FRONTIER et *al*. 2004), les diagrammes Ombrothermiques de Gaussen sont constitués en portant en abscisses les mois et en ordonnées, à la fois, les températures moyennes mensuelles en (°C) et les précipitations mensuelles en (mm). L'échelle adoptée pour les pluies est double de celle adoptée pour les températures dans les unités choisies. Un mois est considéré sec lorsque les précipitations mensuelles correspondantes exprimées en millimètres sont égales ou inférieures au double de la température exprimée en degré Celsius (MUTIN, 1977). De même le climat est sec quand la courbe des températures se trouve au-dessus de celle des précipitations. Néanmoins, il est humide dans le cas contraire (DREUX, 1980). (Figure 14).

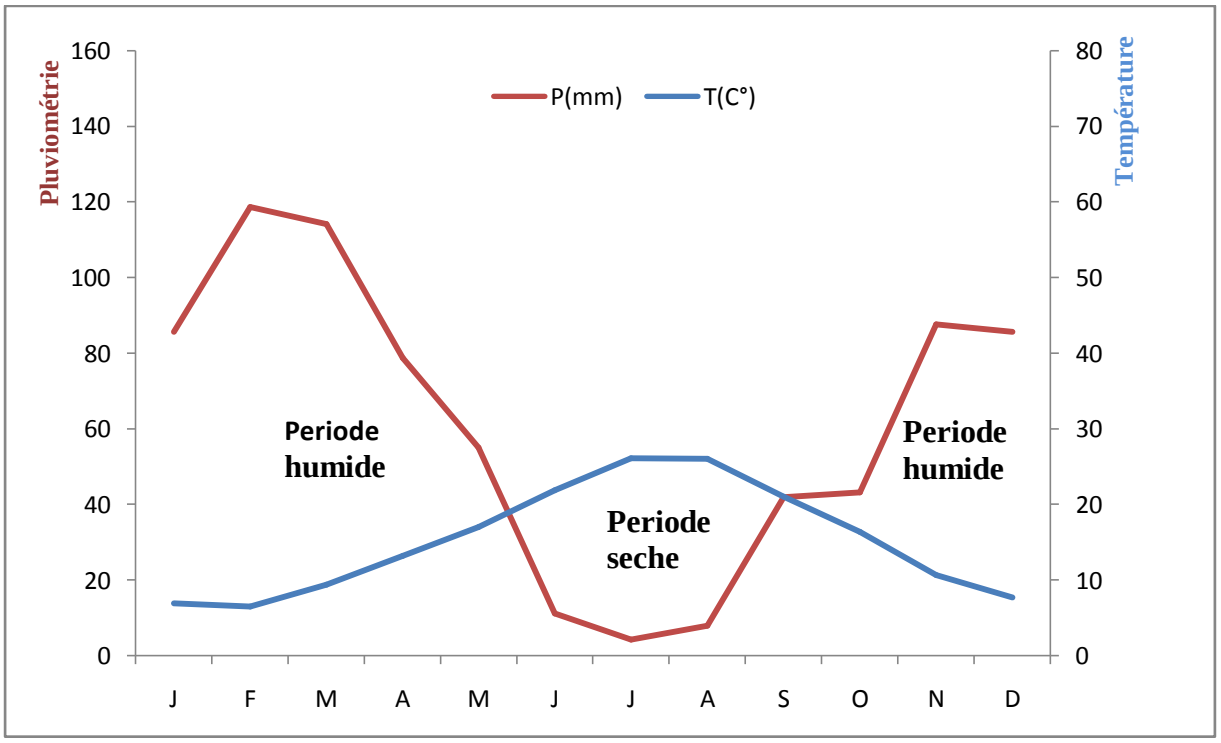


Figure 14: Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et de Gaussen de la zone d'Ouled Anteur

Le diagramme ombrothermique de la région d'Ouled Anteur pour la période allant de 2006 à 2016 fait apparaître deux périodes bien distinctes, l'une sèche et chaude, et l'autre humide et froide. La période sèche s'étale de moitié de mois d'Avril jusqu' au la moitie de Septembre, alors que la période humide et froide, elle débute de mois de janvier jusqu'au mi-d'Avril et de mi- septembre jusqu'au mois de Décembre.

4.3.2. Situation bioclimatique (Climagramme d'Emberger) :

Le système d'Emberger permet la classification des différents climats méditerranéens **(**DAJOZ, 1985 ; RAMADE, 2003). Cette classification fait intervenir deux facteurs essentiels, d'une part la sécheresse représentée par le quotient pluviométrique Q_2 en ordonnées et d'autre part la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en abscisses (Tableau 05). La situation bioclimatique a été réalisée sur le climagramme d'Emberger construit à partir de la formule suivante :

$$\mathbf{Q_2 = \frac{100 \times P}{2\left(\frac{M-m}{2}\right)(M-m)}}$$

Q_2 : Quotient pluviométrique d'Emberger.

P : Moyenne des précipitations annuelles exprimées en mm.

M : Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud.

m : Moyenne des températures minima du mois le plus froid.

Tableau 5: La moyenne mensuelle des températures minima et maxima des 10ans

Année / **Mois**	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	**Moy des 10 ans**
Min moy(Janvier**)**	2,5	6	4,8	12,6	0	-3,6	3,5	0	1	0	0	**2,43**
Max moy(Juillet)	33 ,8	33,8	34,1	39,3	37,2	38,5	39,5	20,3	38,5	40	37,8	**35,71**

Source : Station météorologique régionale de Blida

Selon les données climatiques de la station météorologique régionale de Blida et après leur exploitation on a:

M = 35,71 C°

m = 2,43 C°

P = 733,718 mm

Donc

$$Q_2 = \frac{100 \text{ x } 733,718}{2\left(\frac{35,71+2,43}{2}\right)(35,71-2,43)}$$

$$Q_2 = \frac{73371,8}{2\left(\frac{38,14}{2}\right)(33,28)} = \frac{73371,8}{1269,2992}$$

Q_2= **57, 804mm / C°**

Le quotient **Q_2** de la région d'Ouled Anteur, calculé à partir des données pluviométriques et de températures obtenues durant une période s'étalant de 2006 à 2016 est égal à 75,62. La valeur calculée est portée sur le climagramme d'Emberger, qui situe la région d'étude dans l'étage bioclimatique semi-aride à hivers Frais (Figure15).

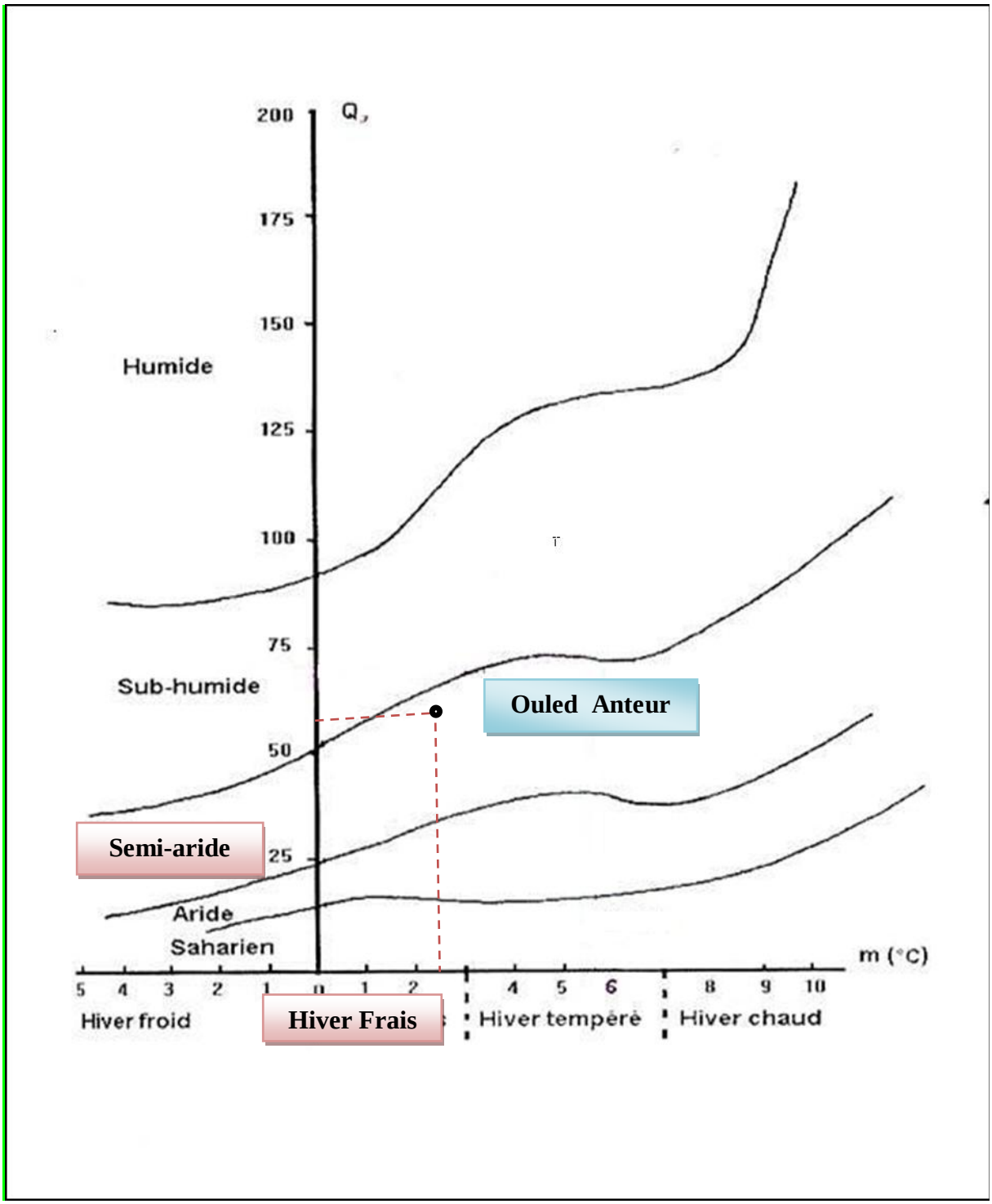


Figure 15: Le diagramme d'Emberger de la région Ouled Anteur

Chapitre II. Matériels et Méthodes

1. Présentation des stations d'étude

Après plusieurs sorties sur la zone d'étude et a l'aide des forestiers spécialisées, on a été choisir des stations répondent a nos paramètres d'étude, et selon leur variabilité d'une station à l'autre pour la fiabilité de nos travail et sa facilité. L'échantillonnage été fait selon un dispositif en croix proposé par notre promotrice.

Les dates des sorties été effectues comme suite : la première sortie été programmé le 18 Octobre 2016 pour la collecte des informations nécessaires a nos travail, alors que la deuxième sortie été effectué le 02 Novembre 2016 au siège d'Ouled Anteur pour prendre une vue générale sur la foret, et sa situation géographique avec une désignation des stations d'études selon nos paramètres d'étude, mais le choix des sites d'étude a été effectuée sur la base de l'historique des stations en matière d'infestation par la chenille processionnaire .

La quantification des nids d'hiver a été effectuée vers la fin de Février avec un programme de trois à quatre jours pour chaque station.

1.1. Choix des sites

Une investigation a été conduite dans la forêt d'Ouled Anteur avec les forestiers dans le but d'avoir une idée générale sur la distribution du Pin d'Alep dans la région, et d'analysé les variables écologiques notées d'une station à l'autre. Le choix a porté sur trois stations ont été retenus, dans la première renferme un peuplement issu d'un reboisement, et les deux autres stations sont des peuplements naturels.

1.1.1. La station Rouissette

La station présente superficie de 934,96 ha, elle est localisée entre 1100 et 1200 mètres d'altitude dans le canton Boukhlala, elle s'étale toute au long des versants sud et Nord. Elle se caractérise par un relief montagneux d'une pente variable de 10 à12% pour le versant sud et de 8% dans le versant nord**.** Le peuplement présente une hétérogénéité de point de vue âge, il varie entre 20 ans et 50 ans. La hauteur totale des sujet du Pin d'Alep est de 6 à14m et forme des associations avec un sou bois très diversifié en espèces à savoir ; *Quercus ilex, Quercus coccifera, Genévrier commun, Colicotome spinosa, Scirpus, Purefem, Ononis spinosa, Rhizophora, Gerres oyena* (D.F d'Ouled Anteur). La figure 16 montre une vue de la station.



Figure 16:vue générale de la station Rouissette (S1)

1.1.2. La station Zeggai

Elle est localisée à une altitude de 900 à 1000 m au canton Zeggai et s'étende sur une superficie de 825,80 ha elle présente une exposition Nord, et caractérisée par un relief montagneux d'une pente de 6%. L'âge moyen de peuplement est inférieur à 20 ans, a cause des incendies répétés des années de 1992 à 1994 qui ont touché prés de 80% de sa superficie. Le sous bois est constitué principalement de *Quercus ilex, Pistacia lentiscus, Colicotome spinosa, Purefem, Ononis spinosa, Rhizophora* (Figure.17).



Figure 17: Photo représentant la station Zeggai

1.1.3. La station Hadj Tahar

Elle renferme un peuplement pur issu d'un reboisement avec un âge inferieure à 50 ans. La station est localisée en exposition Sud dans le canton de Hamouche, à une altitude de 700 à 800m et présente une superficie de 5,59 ha. Elle est caractérisée par un relief montagneux d'une pente de 4% **(**Figure18)



Figure 18: Vue générale de la station de Hadj Tahar

2. Méthode de travail

2.1. La technique d'échantillonnage

La quantification des nids d'hiver a été effectués vers la fin de mois de Février car à cette époque, ils sont très architecturés et sont à leur taille maximale.

Pour la réalisation de notre travail, nous avons pris en compte les variables suivantes : l'altitude, l'exposition, la hauteur totales des arbres de Pin d'Alep, ainsi que le type de peuplement. Les dénombrements ont été effectués au niveau de 9 sites d'étude, chaque site présent des caractéristiques particulières. Au totale 360 arbres ont été échantillonnés, dans chaque site, 40 arbres ont été retenus pour quantifier le nombre de nids d'hiver. L'échantillonnage des arbres a été établi selon un dispositif en croix qui est le plus approprié

aux milieux forestiers. Un comptage minutieux a été réalisé par deux personnes afin de réduire la marge d'erreur possible.

2.2. Caractéristique des 09 sites d'études

Quatre sites d'étude ont été sélectionnés dans la première station ; Rouissette (peuplement naturel, altitude 1100-1200 m), le premier présente une exposition Nord, le deuxième à exposition sud, pour le troisième nous avons choisi les arbres dont la hauteur ne dépasse pas 11m, et dans le quatrième ont a pris les arbres dont la hauteur totale est supérieur à 11m.

Dans la deuxième station ; Zeggai (peuplement naturel, altitude 900-1000 m, exposition Nord), trois sites ont été sélectionné. Dans le premier nous avons pris toute hauteur confondue, dans le deuxième la hauteur des arbres ne dépassant pas 11m, et au niveau du troisième site les arbres présentent une hauteur supérieure à 11 m.

Au niveau de la troisième station ; Hadj Tahar (peuplement issue d'un reboisement, altitude 700-800m et exposition Sud), deux site ont été étudié, dans le premier nous avons pris toute classe d'arbre, dans le deuxième les arbres présentent une hauteur inferieur 11m

3. Exploitation des résultats

Plusieurs méthodes d'analyse ont été effectuées pour l'interprétation de nos résultats.

3.1. Analyse descriptive des résultats

Ce type d'analyse est une présentation synthétique des unités d'échantillonnage et des résultats obtenus, elle permis de dégager certaines information qualitative et quantitative, elle a pour but de présenter les données observées sous une forme telle qu'on puisse facilement en prendre connaissance. L'analyse descriptive a été effectuée en utilisant l'Excel 2007 pour les calculs des moyennes, des écarts types et les représentations graphiques.

3.2. Analyse statistique

Les tests statistiques ont été réalisé en utilisation le logiciel Statistica 06.

3.2.1. Analyse de la variance

Test utilisé pour comparer les moyens des résultats de comptage et pour ressortir les paramètres étudiés (altitude, exposition, hauteur des arbres, et type de peuplement).

3.2.2. Analyse fréquentielle

Son objectif est de classé les arbres échantillonnés en catégories en fonction de nombre de nids qu'elles comportent.

Partie III : Résultats et discussion

1 .Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver (variable étudiée : altitude)

1.1. Analyse descriptives des résultats obtenus

Les résultats de comptage des nids d'hiver établi au niveau de deux stations réparties selon un plan altitudinal ; à savoir la stationS1située entre700 et 800m d'altitude, et la station S2 qui se trouve entre 1100-1200m d'altitude. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau 6 : Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés

Altitudes	**700m-800m(S1) Hadj Tahar**	**1100m-1200m(S2) Rouissette**
Effectifs d'arbres échantillonnés	40	40
Nombre total des nids	191	2
Nombre moyen de nids par arbre	4,675	0,05
Écart-type	4,20	0,22
Valeurs extrêmes	0-13	0-1

D' après le tableau, on constate une différence dans la répartition des effectifs des nids d'hiver, nous avons enregistré en moyenne 0, 05 nids par arbre avec un écart type de 0,22 au niveau de la station2 située entre 1100-1200md'altitude. Alors que nous avons quantifié en moyen 4,67 nids avec un écart type important, il s'élève à 4,19 au niveau de la stationS1 qui se situe entre 700-800m d'altitude.

1.2. Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver

Les analyses de la variance effectuée sur les effectifs des nids dénombrés dans les deux stations précédentes S1 (700-800 m) et la deuxième station (1100-1200m) sont représentées dans la figure 19.

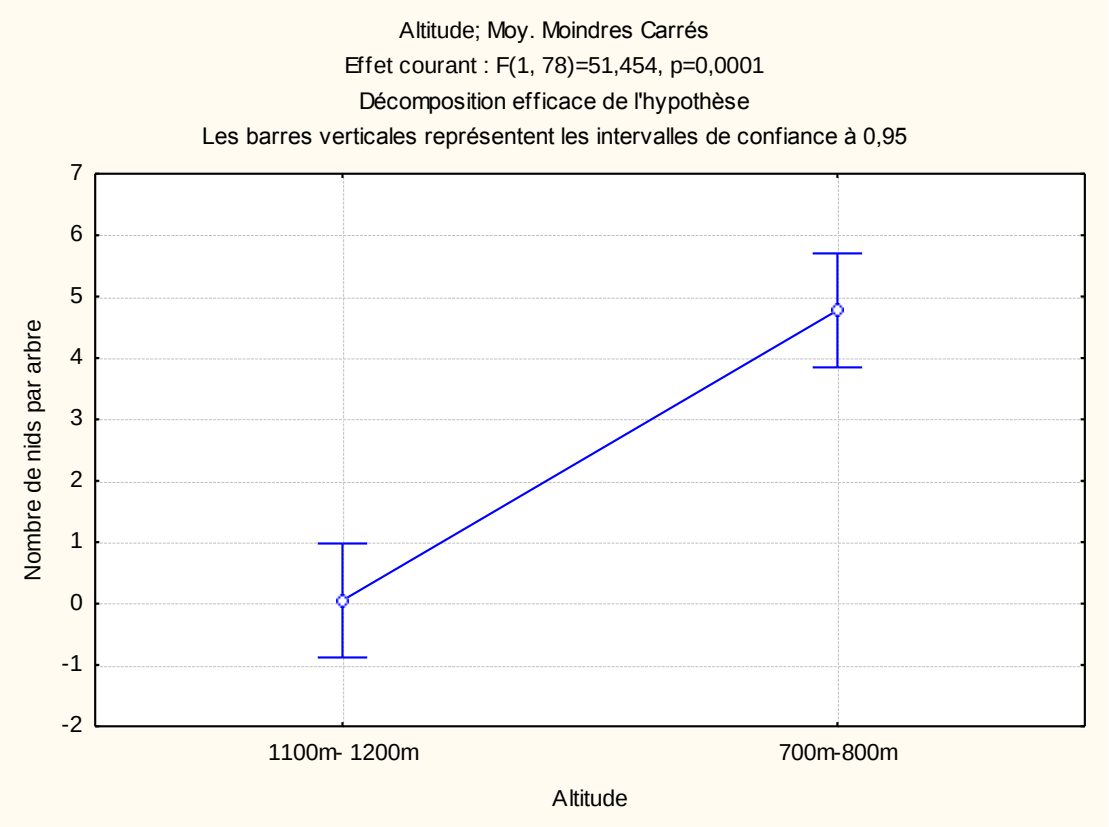


Figure 19:Comparaison des moyennes de nombre de nids des deux stations

L'analyse de la variance a mis en évidence une différence très hautement significative entre les deux stations réparties sur deux altitudes différentes, la probabilité calculée p = 0,0001.

1 .3. Analyse fréquentielle des effectifs des nids d'hiver dans les deux stations étudiées

La distribution fréquentielle des effectifs des nids d'hiver de la station S1 (700-800 m) est représentée sur la figure(19).Les effectifs des nids dénombrés au niveau de la station situé entre (1100 et 1200 m), sont répartis sur deux arbres, à raison d'un nid par arbre. Alors on distingue deux groupes d'arbres, le premier représenté par 38 arbres qui ne comportent aucun nid, et le deuxième renferme deux arbres avec un nid chacune.

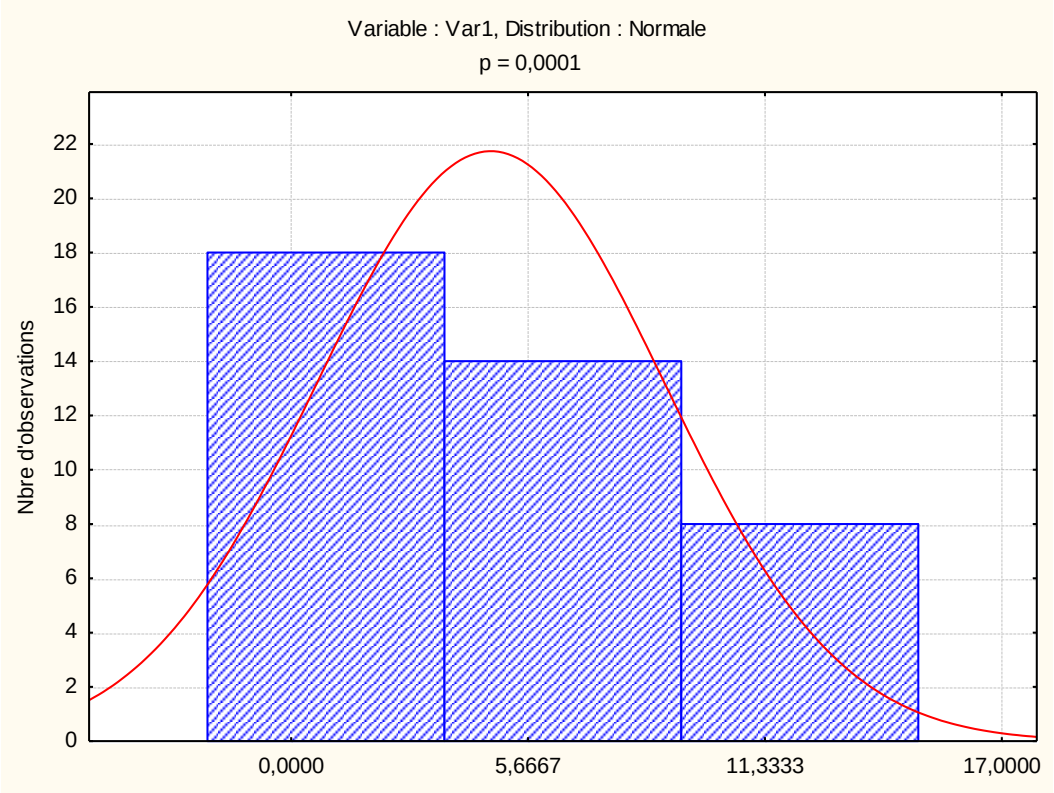


Figure 20: Distribution fréquentielle des effectifs de nid (Station S1)

Les résultats obtenus répondent à la loi normale avec une probabilité très hautement significative, au niveau de la station située entre 700 et 800 m d'altitude. Le nombre d'arbres échantillonnés est 40 arbres, l'analyse fréquentielle a permis de distinguer trois catégories en fonction du nombre de nids par classe, la première classe regroupe un maximum d'observation avec 18 arbres comportent 0 nid et la seconde classe représentée par 14 arbres, chaque arbre contient entre 5 et 6nids. La dernière classe qui regroupe8 arbres contenant entre 11 et 13 nids.

2. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver (variable étudiée : Exposition)

2.1. Analyse descriptives des résultats obtenus

Les résultats des comptages des nids d'hiver établi au niveau de deux stations réparties sur deux expositions différentes à savoir la station S1 située à une exposition Nord et la station S2 qui présente une exposition Sud. Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Tableau7 : Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés

Expositions	**Nord**	**Sud**
Effectif des arbres échantillonnés	40	40
Nombre total des nids	28	191
Nombre moyen de nids par arbre	0,7	4,78
Écart-type	0,82	4,27
Valeurs extrêmes	0-4	0-13

D'après le tableau, il existe une différence entre le nombre moyen de nids qui est de 4,775 au niveau de la station à exposition sud et de 0,7 nids au niveau celle présentant une exposition nord. Les écarts types calculés sont plus importants au niveau de la station à exposition sud, ce qui signifie que la distribution des nids par arbre est hétérogène dans la station en question.

2.2. Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver :

L'analyse de la variance effectuée sur les effectifs de nids dénombrés dans les deux stations étudiée, S1 a une à exposition Nord et la deuxième station située à l'exposition Sud, est représentée dans la figure 21.

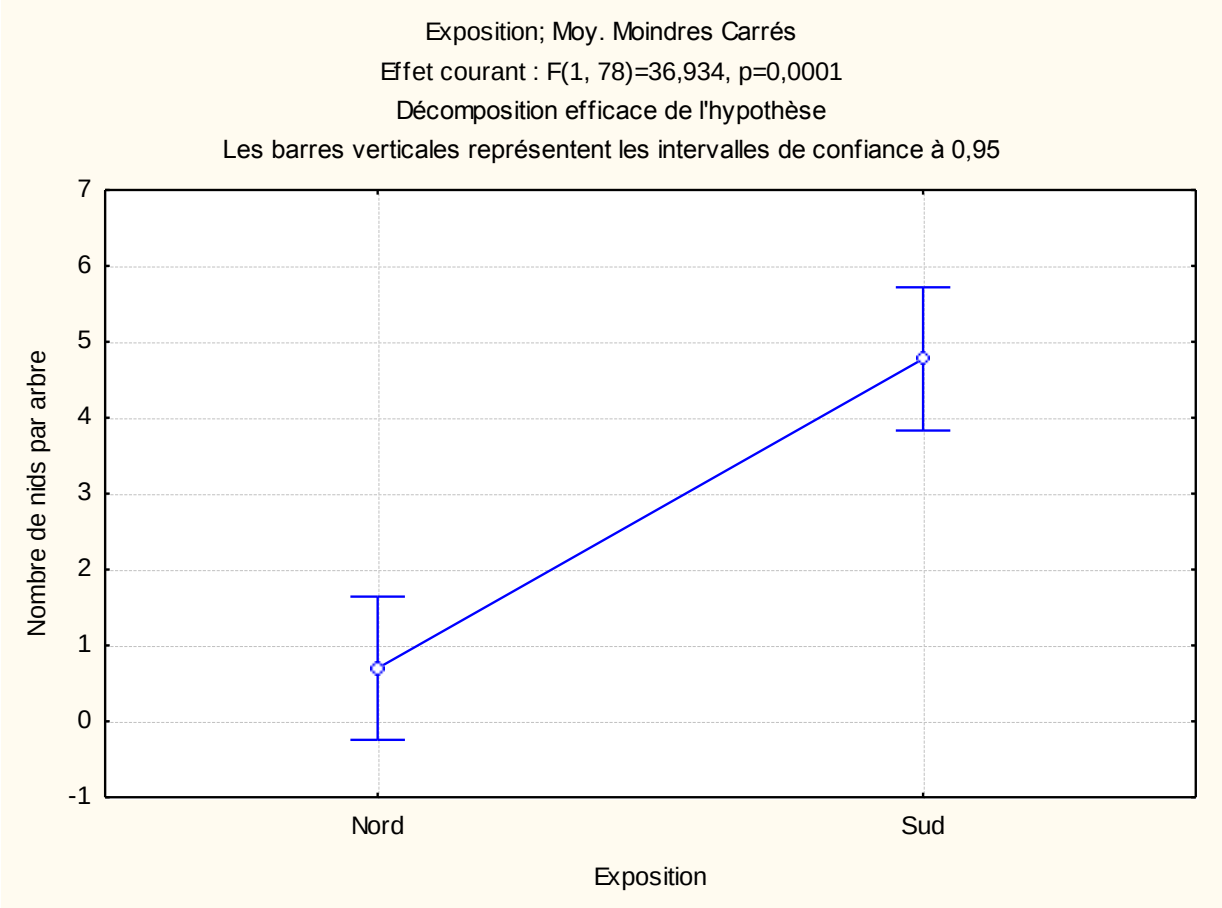


Figure 21: Comparaison de nombre moyen de nids en relation avec l'exposition.

Une différence très hautement significative (p =0 ,0001) entre les moyennes de nombre de nids a été révélée par le test ANOVA.

Le peuplement qui se situe dans la station à exposition Sud contient des arbres renfermant plus de nids que les arbres situés dans la station à exposition Nord.

2 .3. Analyse fréquentielle des effectifs des nids d'hiver dans les deux stations étudiées

L'analyse fréquentielle effectuée sur les effectifs des nids d'hiver dénombrés dans les deux stations choisies selon leur exposition est illustrée sur les figures 22 et 23.

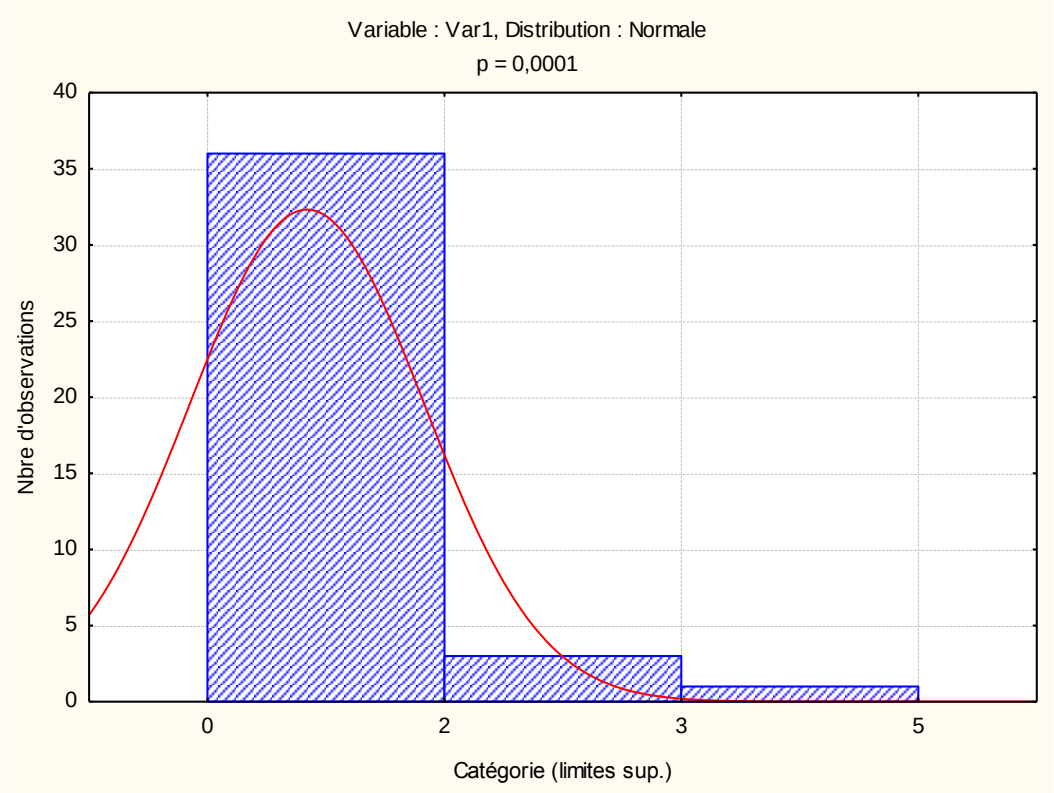


Figure 22: Distribution fréquentielle des nombres de nid (Exposition Nord)

L'analyse fréquentielle réalisée sur les effectifs de nids par arbre révèle trois classes ; la classe d'arbres dont le nombre de nids est compris entre 2 et 3, représentée par 3 cas. Le plus grand nombre d'observations, soit 36 cas est noté pour la classe ayant des nombres compris entre 0 et 2 nids. Le nombre d'observations de la classe d'arbres comportant de 3 à 5 nids se limite à un seul cas.

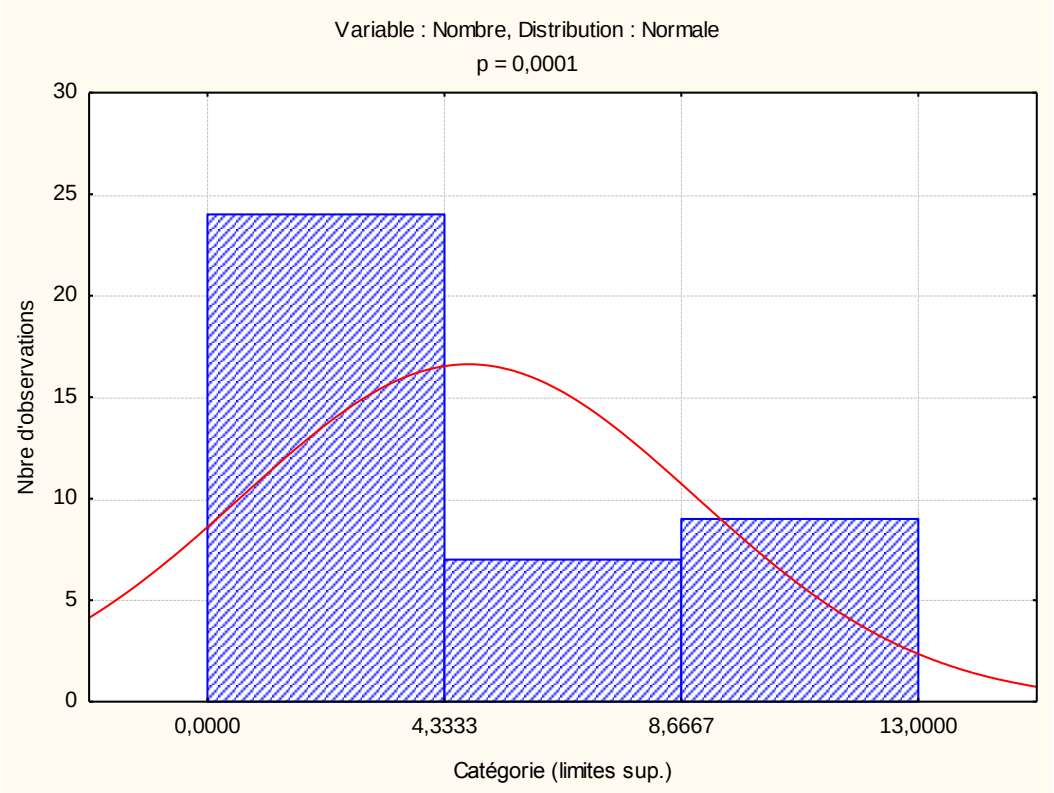


Figure 23: Distribution fréquentielle du nombre de nids (Exposition Sud)

L'analyse fréquentielle effectuée sur le nombre de nids met en évidence trois principales classes, s'ajustant à une loi normale avec une probabilité très hautement significative (p=0,0001).

La classe la plus représentée avec 24 cas observés contient entre 0 et 4,33 nids, et la deuxième classe, renferme un nombre de 4,33 à 8,66 nids, avec 7 cas observés. La dernière classe comporte entre 8,66 et 13 nids par arbre avec 9 observations.

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

3.1. Analyse biométrique des arbres situés dans les stations, Rouissette (S1) et Zeggai (S2).

Deux stations Rouissette (S1) et Zeggai (S2), ont fait l'objet d'une étude biométrique. Les résultats de l'analyse fréquentielle portés sur les hauteurs totales des arbres des deux stations sont représentés sur les figures 24 et 25.

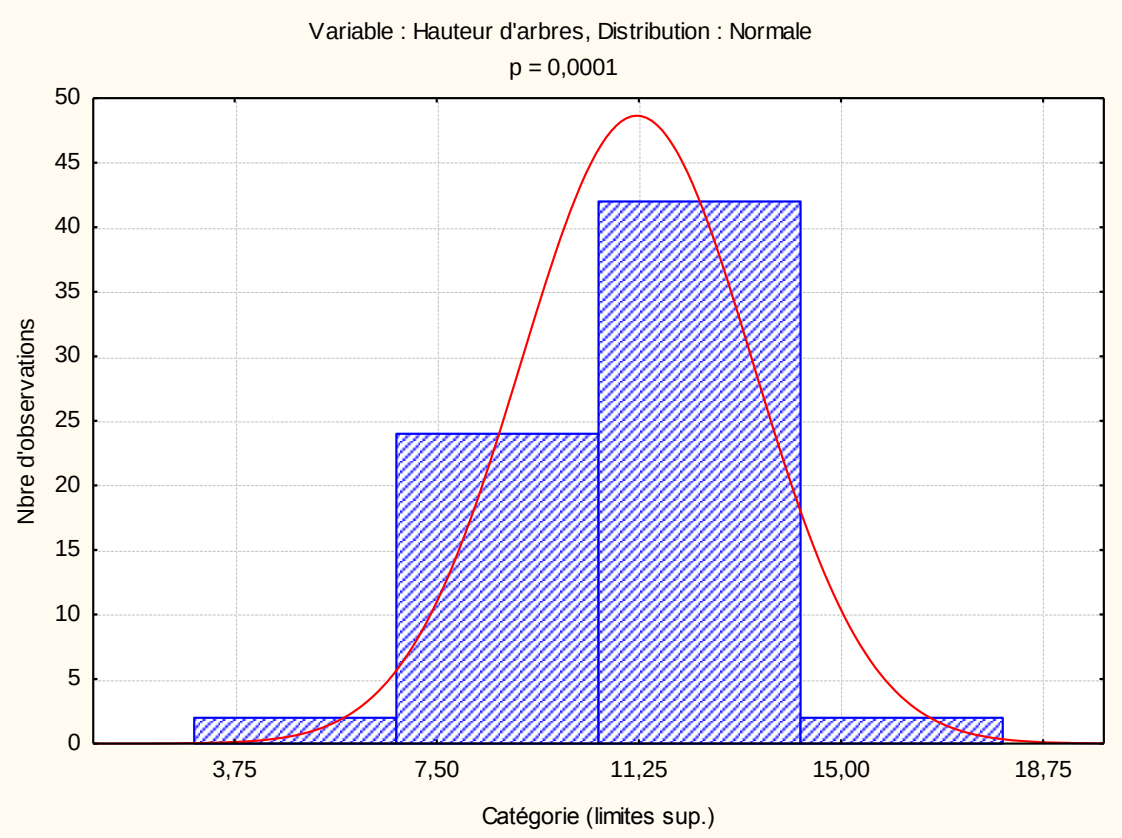


Figure 24: Analyse fréquentielle des hauteurs des arbres dans la station Rouissette (S1)

Au niveau de la station S1, les arbres ayant une hauteur comprise entre 11,25 et 15,00 m présentent la classe la plus signifiante avec 42 cas observés. Les effectifs des arbres d'une hauteur comprise entre 7,50 et 11,25 m indiquent 24 cas. Le nombre d'observations pour les arbres ayant une hauteur comprise entre 3,75 - 7,50 met 15- 18,75 m est moins signifiant avec 4 cas observés.

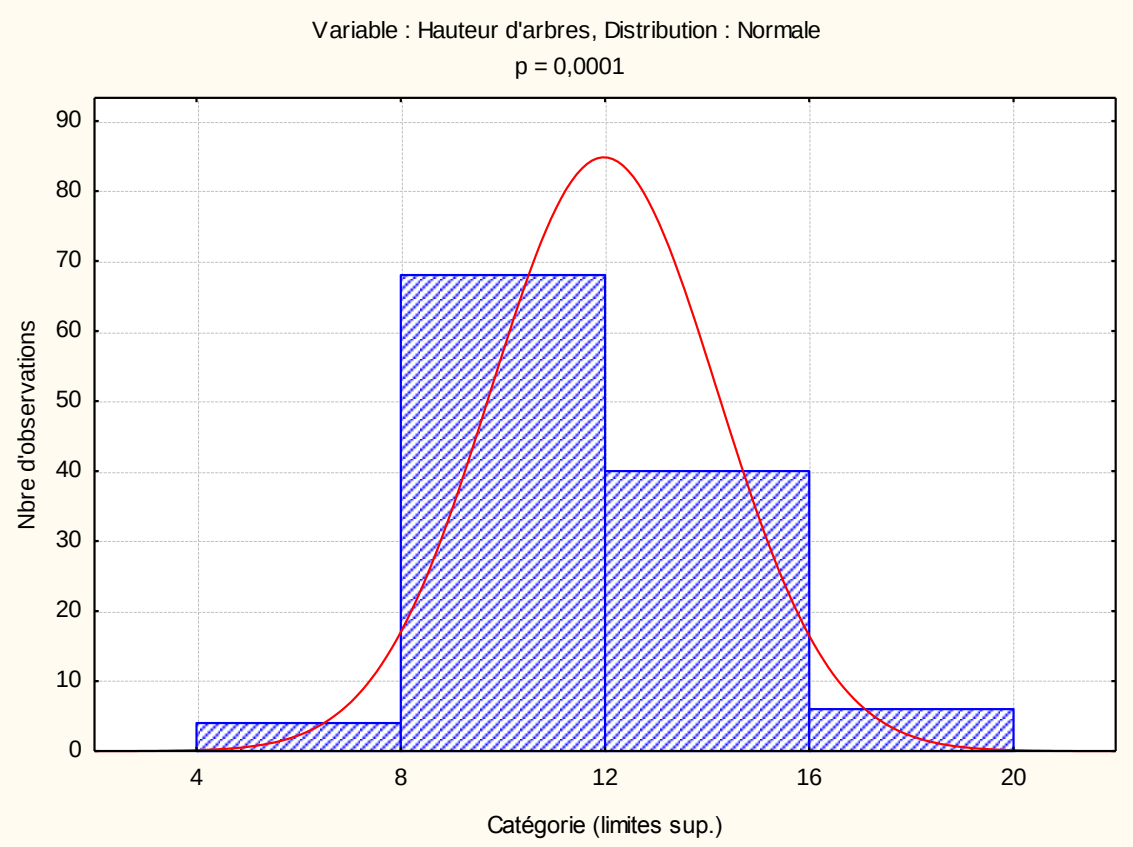


Figure 25: Distribution fréquentielle des hauteurs des arbres dans la station Zeggai (S2)

L'analyse fréquentielle des hauteurs des arbres mesurées au niveau de la station S2 révèle quatre classes ; la classe d'arbres dont la hauteur est comprise entre 4 et 8 m, présente 4 cas. Le plus grand nombre d'observations, soit 69 cas est noté pour la classe d'arbres ayant des hauteurs comprises entre 8 à 12 m. Le nombre d'observations de la classe des hauteurs de 12 à 16 m se limite à 40 cas. La classe d'arbres de hauteur comprise entre 16 à 20 m représente 5 cas observés. Une analyse de la variance a été effectuée sur les résultats de la biométrie des arbres des deux stations précédentes (figure 26).

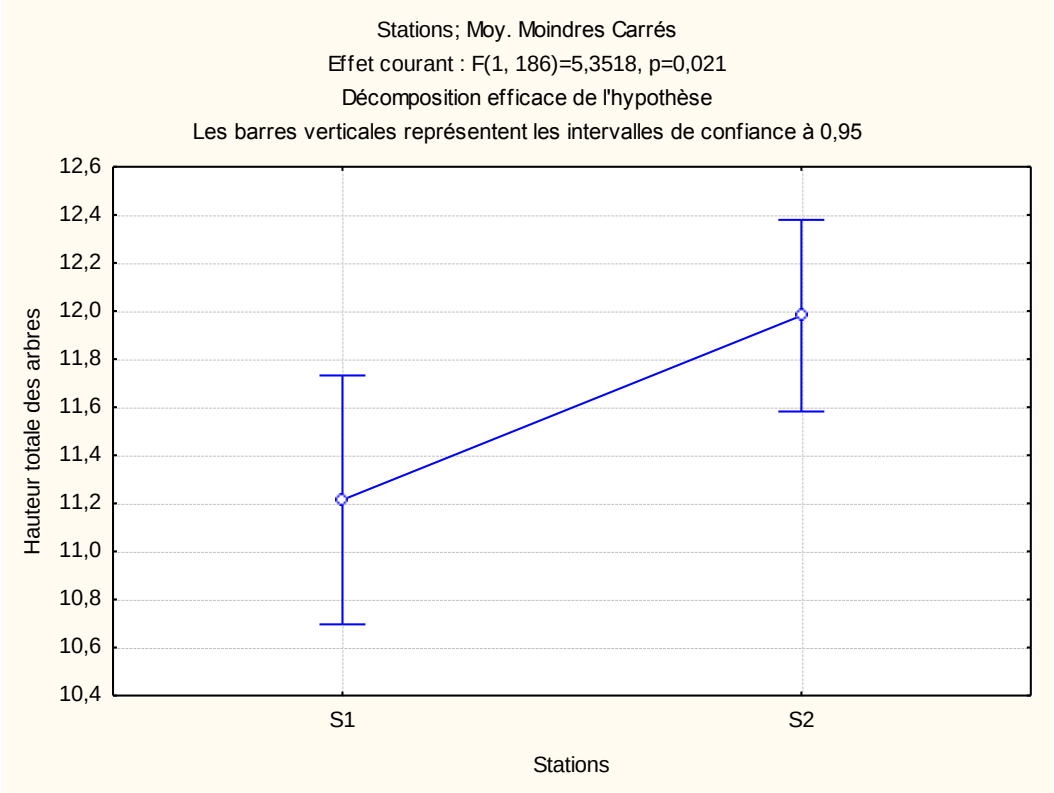


Figure 26: Comparaison des moyennes des hauteurs des arbres des deux stations

Ce test statistique (ANOVA) a révélé une différence significative dans les hauteurs moyennes des arbres entre les deux stations. La station S2 renferme des arbres d'une hauteur moyenne de 11,89 m, alors que les arbres de la station S1, mesurent en moyenne11, 22 m.

3.2. Analyse descriptives des effectifs des nids dénombrés en relation avec les hauteurs des arbres.

La variable hauteur des arbres, a été étudiée dans la station Zeggai située à 900 m d'altitude et qui présente une exposition Nord. Le choix est porté sur cette station, car elle renferme un effectif important de nids d'hiver et elle a été sujet de plusieurs investigations biométriques antérieures établies par les services des forêts d'Ouled Anteur (Médéa). A partir des résultats de ces investigations établies sur la hauteur totale des arbres, deux classes d'arbres ont été distinguées. La première classe renferme les arbres dont la hauteur est inférieure à 11m et la seconde est constituée d'arbres présentant une hauteur supérieure à 11m. Les résultats des dénombrements des nids d'hiver en relation avec la hauteur totale des arbres sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau 8 : Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés

Hauteurs d'arbres	**Hauteur < 11m**	**Hauteur > 11m**
Effectif d'arbres échantillonnés	40	40
Nombre moyen de nids par arbre	0,73	0,075
Écart-type	0,61	0,13
Valeurs extrêmes	0-2	0– 1

Le nombre moyen de nids d'hiver sur les arbres à hauteurs inferieures à 11m est de 0,73, avec un écart type de 0,61. Sur les arbres d'une hauteur moyenne dépassant les 11m, nous avons quantifié en moyenne 0,075 nids par arbre avec un écart type égal 0,13.

3.3. Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver

Cette analyse est effectuée sur les effectifs de nids dénombrés dans la station Zeggai située à 900 m en tenant compte des hauteurs totales des arbres (figure 27)

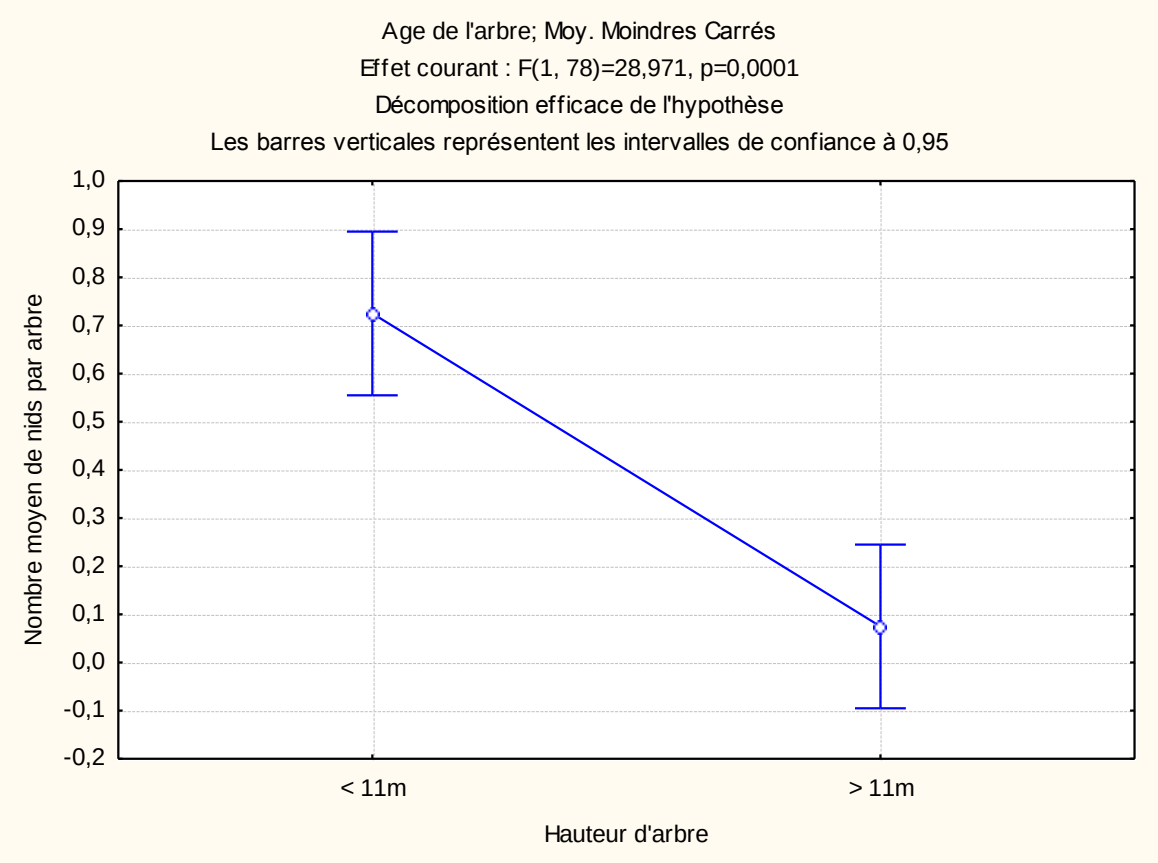


Figure 27: Comparaison des moyennes des nids en relation avec la hauteur totale des arbres

Le nombre moyen de nids s'élèvent à 0,77 pour les arbres à hauteur inferieure à 11m et de 0,09pour les arbres dont la hauteur est supérieure à 11 m. La comparaison des nombres moyens de nids entre les deux classes de hauteurs, montre une différence très hautement significative (p= 0,0001).

4. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver (variable étudiée : Le type de peuplement)

4.1. Analyse descriptives des résultats obtenus

Les résultats du comptage de nids d'hiver dans les deux stations, dont la première (S1) est un peuplement naturel et la seconde est un peuplement issu d'un reboisement sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9: Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés

Type de peuplement	**Peuplement naturel(S1) Rouissette**	**Peuplement issu d'un reboisement (S2) Hadj Tahar**
Effectif des arbres échantillonnés	40	40
Nombre total des nids	3	191
Nombre moyen des nids par arbre	0,73	4,78
Écart-type	0,72	4,16
Valeurs extrêmes	0-2	0-13

Le nombre moyen de nids par arbre dans le peuplement naturel est plus faible il présente une valeur moyenne de 0,725 avec un écart type de 0,72, alors que le nombre moyen de nids par arbre dans la forêt issue d'un reboisement est de 4,77 avec un écart type élevé de 4,16, donc la dispersion des effectifs de nids est plus importante sur les arbres dans cette station.

4.2. Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver

L'analyses de la variance effectuées sur les effectifs des nids dénombrés dans les deux stations, (station naturelle, et celle issue d'un reboisement) sont représentées dans la figure ci-dessous.

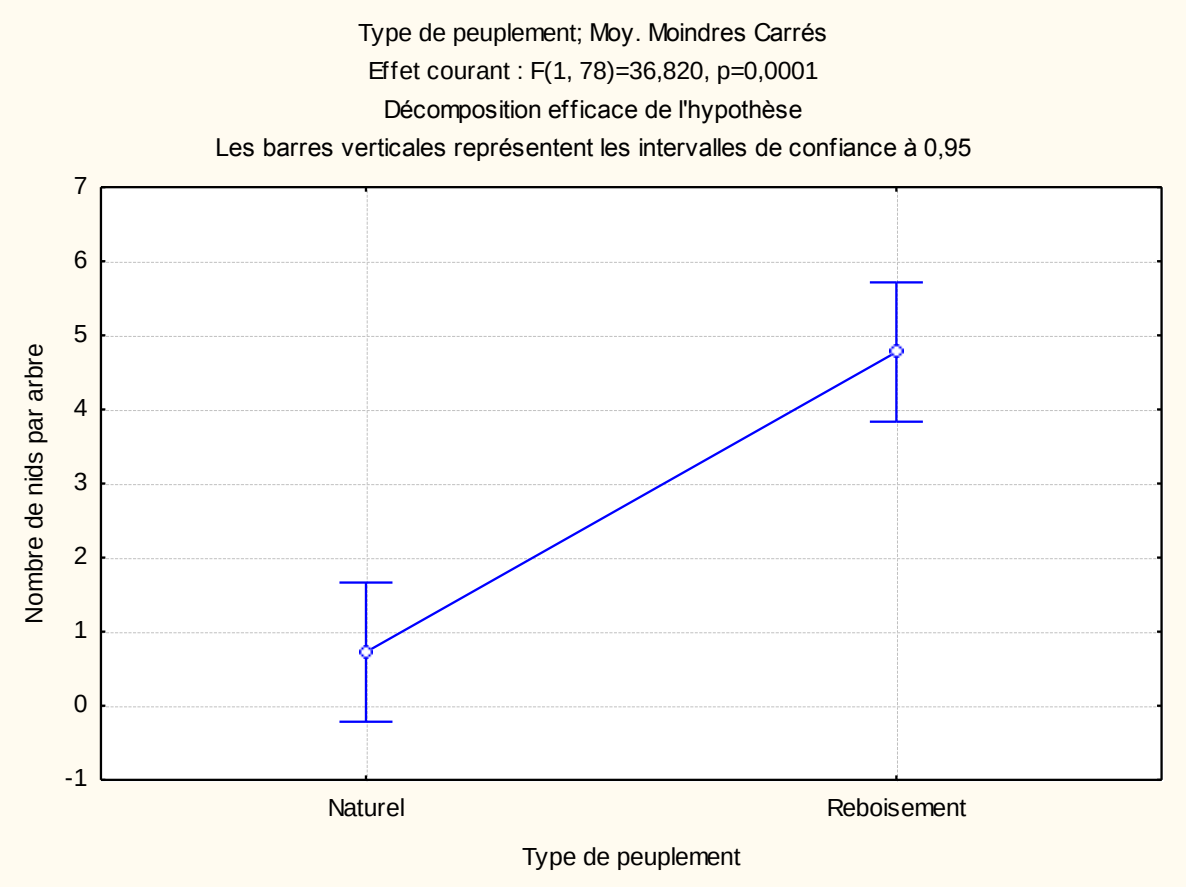


Figure 28:Comparaison de nombre moyen des nids en relation avec le type de peuplement

On constate une différence très hautement significative entre le nombre de nids par arbre dans le peuplement naturel et celui du peuplement issu d'un reboisement, ou la moyenne s'élèvent à 4,77.

5. Exploitation des résultats des dénombrements des nids d'hiver (variable étudiée : L'effet de la lisière)

L'effet de la lisière a été étudié dans toutes les stations qui ont fait l'objet de nos dénombrements

5.1. Effet de la lisière au niveau de la station Rouissette (S1) (Altitude 1100-1200m, Exposition Sud peuplement naturel).

Au niveau de cette station nous avons dénombré uniquement 2 nids répartis sur deux arbres, situés en lisière. Les arbres de l'intérieur ne renferment aucun nid.

5.2. Effet de la lisière au niveau de la station Rouissette (S2) (Altitude 1100-1200m, Exposition Nord, peuplement naturel).

Au niveau de cette station aucun nid n'a été dénombré, les arbres de la lisière et celle du centre ne renferment aucun nid de processionnaire.

5.3. Effet de la lisière au niveau de la station Zeggai (S3) (Altitude 900-1000m, Exposition Nord, peuplement naturel)

Cette station renferme un seul nid, situé en lisière.

5.4. Effet de la lisière au niveau de la station Hadj Tahar (S4) (Altitude 700-800m, Exposition Sud, reboisement)

Dans cette station, un seul nid a été dénombré sur la lisière du peuplement.

5.5. Effet de la lisière au niveau de la station Hadj Tahar (S5) (Altitude 700-800m, Exposition Nord, reboisement)

5.5.1. Analyse descriptives des résultats obtenus

Les résultats du comptage des nids d'hiver sur des arbres de lisière et de l'intérieur de la station Hadj Tahar (S5), sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 10 : Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés

Position des arbres	**Arbres de lisière**	**Arbres de l'intérieur**
Effectif des arbres échantillonnés	20	20
Nombre total des nids	107	82
Nombre moyen de nids par arbre	5,35	4,1
Écart-type	5,22	3,08
Valeurs extrêmes	0-13	0-11

D'après ce tableau, le nombre moyen de nids par arbre dans la lisière est de 5,35 avec un écart type de 5,21, et dans les arbres de l'intérieur un nombre moyen de 4,1 nids par arbre a été dénombré avec un écart type de 3,07.

5.5.2. Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver

L'analyse de la variance effectuée sur les effectifs des nids dénombrés sur des arbres de lisière, et du centre est illustrée par la figure suivante.

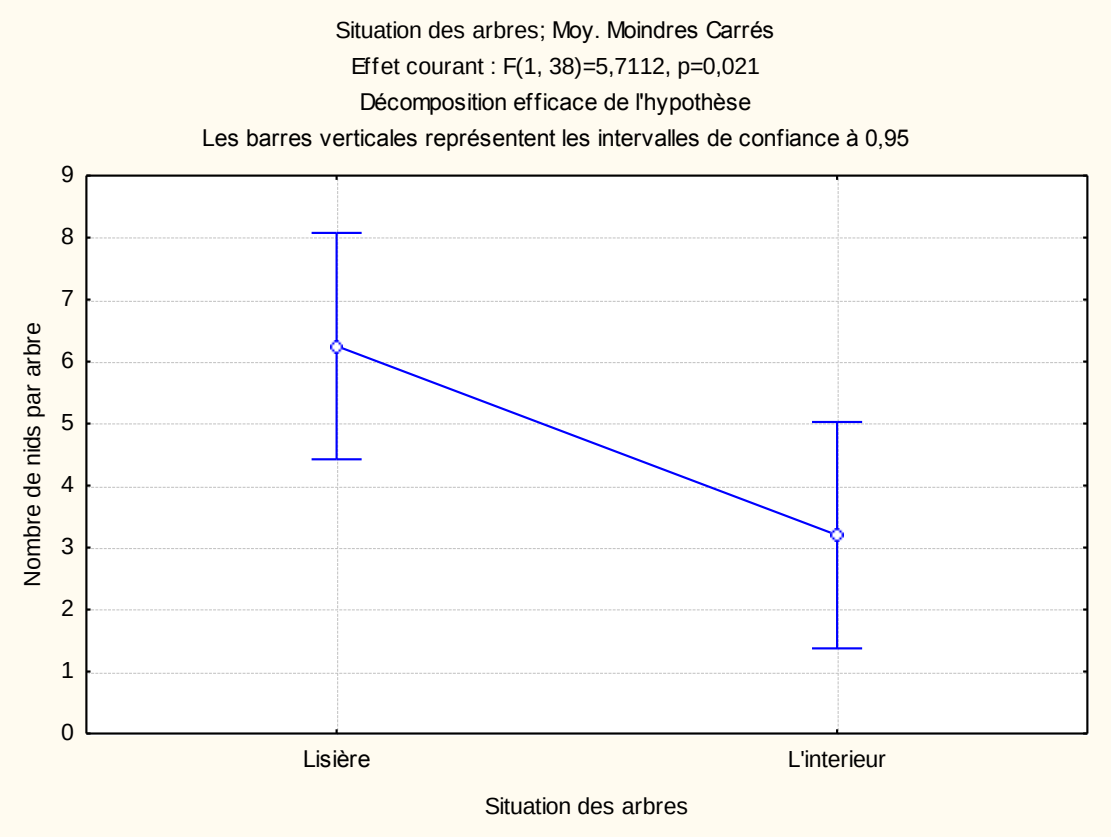


Figure 29: Comparaison des nombre moyens des nids en relation avec la situation des arbres

La comparaison des moyennes des nids d'hiver entre les deux situations des arbres montre une différence significative (p= 0,021).

5.6. Effet de la lisière au niveau de la station Zeggai (S6) (Altitude 900-1000m, Exposition sud, naturelle)

5.6.1. Analyse descriptives des résultats obtenus

Les résultats du comptage de nids d'hiver sur des arbres de lisière et de l'intérieur de la station, sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11 : Analyse descriptive des effectifs des nids dénombrés

Variables	**Arbre de la lisière**	**Arbre de l'intérieur**
Effectif des arbres échantillonnés	20	20
Nombre total des nids	15	10
Nombre moyen de nids par arbre	0,75	0,5
Écart-type	0,72	0,6
Valeurs extrêmes	0-2	0-11

Un nombre moyen de 0,75 nid a été calculé sur les arbres situés en lisière. Les arbres du centre renferment en moyen 0,5 nid par arbre.

5.6.2. Analyse de la variance des résultats des comptages des nids d'hiver

Les résultats d'analyse de la variance effectuée sur les arbres de la lisière, et de l'intérieur sont représentés sur la figure suivante.

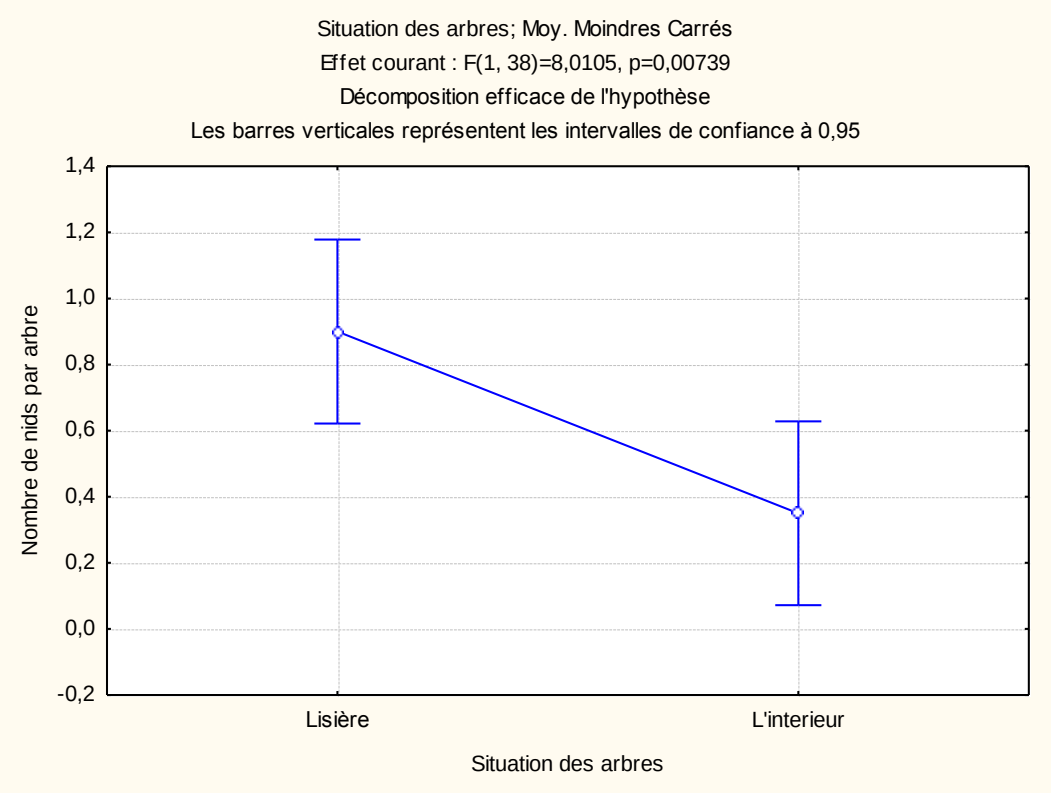


Figure 30: Comparaison des nombres moyens des nids en relation avec la situation des arbres dans la station

D'après l'analyse de variance effectuée, le nombre de nids d'hiver sur les arbres de lisière est plus important, il est de l'ordre de 0,89, alors sur les arbres situés à l'intérieur du peuplement le nombre moyen de nids est de 0,37.La différence est hautement significative.

La figure 31 illustre la répartition des nids d'hiver en fonction de la situation des arbres dans les peuplements prospectés.

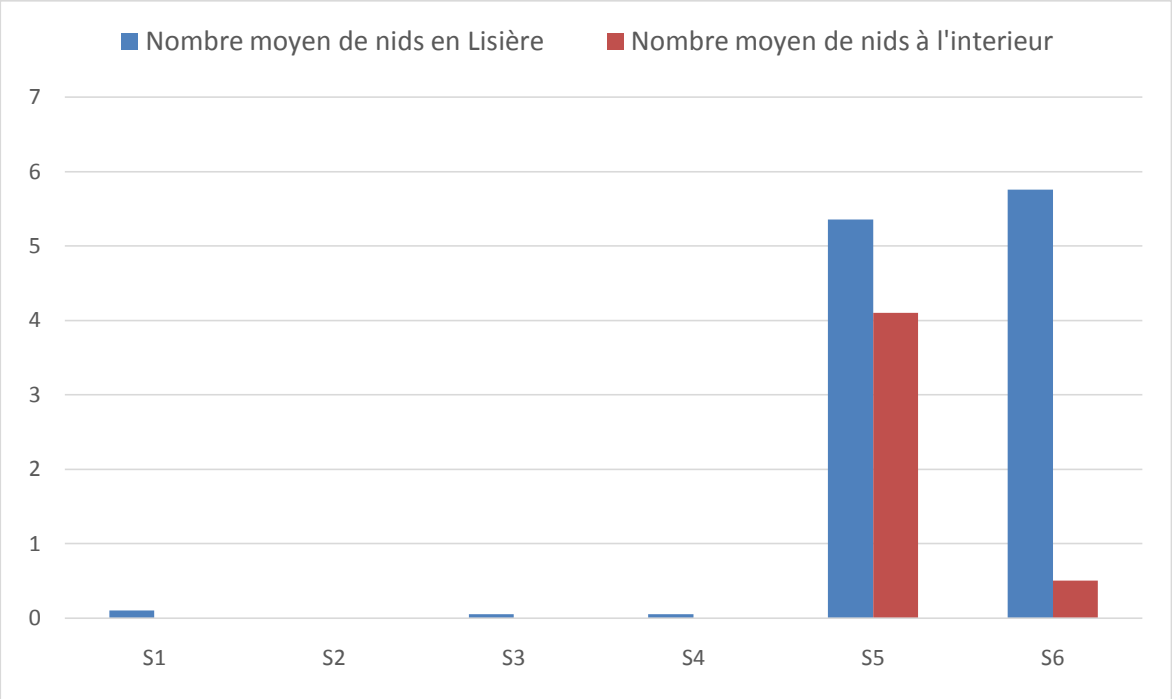


Figure 31: La répartition des nids entre lisière et centre de chaque station étudiée

D'après la figure, on remarque que la plupart des nids d'hiver sont répartis en lisière, dans toutes les stations explorées.

6. Discussion des résultats

L'étude menée sur la répartition des nids d'hiver de la processionnaire du Pin, qui est une première dans la forêt d'Ouled Anteur, a permis de constater que la distribution des nids est régie par plusieurs facteurs ; à savoir l'altitude, l'exposition, la hauteur totale des arbres, le type du peuplement, ainsi que la position des arbres dans les stations étudiées. Plusieurs sites choisis en fonction de leur situation géographique, et de leur historique en matière d'invasion par la processionnaire du pin ont fait l'objet de nos investigations, les résultats obtenus viennent s'ajouter et compléter les travaux déjà réalisés dans le même domaine dans d'autres pinèdes du massif forestier algérien.

L'étude de l'effet de l'altitude sur la répartition des nids d'hiver a mis en évidences des effectifs plus importants dans les stations situées en basse altitude. Le quotient pluviométrique calculé pour la station d'étude a classé la région d'étude dans l'étage bioclimatique

semi-aride. Le dénombrement effectué sur les nids dans les pinèdes situées dans l'étage bioclimatique semi-aride par AOUARI et GHERBI en 2014, a montré des effectifs plus élevés en altitude. Cette différence constatée dans la distribution des nids selon le plan altitudinal s'explique par la variable thermique étant donné que cet insecte est très sensible aux températures minimales et maximales. A ce sujet, DEMOLIN (1969) souligne que la processionnaire du pin échappe aux fortes chaleurs par une montée en altitude dans les zones semi-arides.

La comparaison effectuée sur des stations situées à des expositions différentes, a montré que les effectifs les plus importants ont été quantifiés dans les sites à exposition sud. En Corse, des études menées par GERI (1984) et par GERI ET MILLIER (1985) confirment que les attaques de *Thaumetopoea pityocampa* sont plus sévères sur les arbres exposés au sud que chez ceux à exposition Nord, cela s'explique par les températures qui varient selon l'exposition. La variable thermique reste le facteur déterminant de la distribution de *T. piyocampa* et de l'état sanitaire des peuplements forestiers. DAJOZ en 2007 met le point sur les exigences thermiques déterminant la répartition de cet insecte, grâce à ses observations, DEMOLIN en 1969 a montré ainsi que plus l'altitude augmente, ou plus la latitude est nordique, plus la température moyenne diminue.

La hauteur totale des arbres a fait l'objet de nos recherches, les résultats obtenus montrent que les arbres dont la hauteur est inférieure à 11m renferment plus de nids que ceux ayant une hauteur supérieure à 11m. Le choix de la position du nid est déterminant pour la survie de l'espèce. Selon DEMOLIN ,1965 le nid représente un facteur essentiel de survie pour les colonies de chenilles, car il permet non seulement l'effet de masse mais une compensation thermique.

Les peuplements issus d'un reboisement sont les plus concerné par les infestations de la processionnaire du pin. Cela s'explique par l'homogénéité du peuplement issue de reboisement, donc plus d'arbres du pin et plus de nourriture pour les larves.

L'analyse de l'effet de la lisière a montré que les nids se concentrent sur des arbres de lisière, par rapport à ceux de la partie médiane, car les arbres de la lisière sont clairs et bien ensoleillés. Selon RIVIERE, 2011, les peuplements les plus exposés au risque sont les arbres situés en lisière, la femelle choisissant préférentiellement des arbres dont la silhouette se distingue bien sur fond clair pour la ponte, en particulier ceux orientés sud / sud-ouest. Les défoliations sont moindres à l'intérieur de peuplements fermés (MARTIN, 2005). A ce sujet ZAMOUM (1998) et MERAD (2011) notent que dans les zones arides la partie médiane est la

plus recherchée par la processionnaire du pin et HEZIL (2012) démontrent que la partie extrême est la plus recherchée par l'insecte dans les régions semi-aride et subhumide.

Conclusion Générale

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

Sur la base des données recueillies, le nombre des nids d'hiver de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* dénombrés est variable entre les différentes stations prospectées. Cette variabilité est régie par plusieurs facteurs à savoir, l'altitude, l'exposition, le type de peuplement ainsi que la position des arbres dans les stations qui ont fait l'objet de nos investigations.

Le travail de recherche effectué dans la forêt d'Ouled Anteur, nous a permis de retenir les points suivants ;

- Les stations situées en basse altitude renferment plus de nids, que celle localisée en altitude
- L'exposition Sud est plus recherchée par la processionnaire du Pin, les effectifs les plus importants de nids d'hiver ont été dénombrés dans les stations à exposition sud. L'orientation sud correspond aux sites ou l'optimum thermique est assuré pour l'évolution des chenilles.
- Le type de peuplement, affecte aussi la répartition des nids, les peuplements issus d'un reboisement sont les plus marqués par les infestations de ce ravageur.
- Les arbres les plus exposés aux dégâts de ce redoutable ravageur sont celle qui se localise en lisière des forêts.

Les populations de la processionnaire construisent leur nid d'hiver en adoptant une stratégie qui leur permet d'optimiser les facteurs du milieu. Compte tenu de la répartition des nids d'hiver *Thaumetopoae pityocampa* dans les stations prospectées, il est souhaitable de tirer plus d'informations sur la dynamique des populations et les fluctuations spatiales de ce défoliateur afin d'opter pour des méthodes de surveillance et des stratégies qui permettront d'assurer une meilleure protection de nos forêts.

Références Bibliographiques

01. Agenjo R., 1941. Monographia de la familia des Thaumetopoeidae (Lep.). Eos, Revista Espanola d4 Entomologia, 17,69 -130.

02. AlbouyV., 2010. Les dangers de la chenille processionnaire p.100-117.

03. Arnaldo P.S., Chacim S., Lopes D., 2010. Effects of defoliation by the pine Processionary moth *Thaumetopoea pityocampa* on biomass growth of young stands of *Pinus pinaster* in northern Portugal. *iForest.* **3**, 159-162.

04. Battisti A., Stastny M., Netherer S., Robinet C., Schopf A., Roques A., Larsson S., 2005. Expansion of geographic range in the pine processionary moth caused by increased winter temperatures. Ecol. Applicat., 15(6), 2084-2096

05. Becker M., Picard J.F., ET Timbal J., 1982. Larousse des arbres et arbustes de l'Europe occidentale Librairie Larousse, Paris, 330 p.

06. Becker M., et *al* 1983. Bilan de santé actuel et rétrospectif du sapin (Abies alba Mill) dans les Vosges. Etude écologique et dendrochronologique.

07. Bentouatia et Bariteau., 2005. Une sylviculture pour le Pin d'Alep des Aurès (Algérie).*T.XXVII, n°4,2005, PP. 315-321.*

08. Bnder., 1987. Etude d'aménagement du foret domaniale des Ouled Anteur, Ouled Hellal W. Médéa. p 1-4 ,9-11,53-60,89-91,89-91.

09. Bonnet C., Martin J.C., 2008. Processionnaire du pin. Quand un ravageur forestier devient un problème sanitaire. Nuis. Parasit. Inf. 54, 23-25.

10. Brochiero et al., 1999. Autécologie et croissance du Pin d'Alep en Provence calcaire.*T.XX, n°2, 1999, pp. 83*-94

11. Buffo E., Battisti A., Stastny M., Larsson S., 2007.Temperature as a predictor of survival of the pine processionary moth in the Italian Alps. Agr. For. Entomol. 9(1), 65-72.

12. Chararas C., 1979. Ecophysiologie des insectes parasites des forêts. Ed.Chararas, Paris,297 forestières. Edition la maison rustique 505 p.

13. Chaumont M., et Paquin C., 1971.Carte pluviométrique de l'Algérie.4feuilles au 1/50 000.Notice explicative 24p. Bull. Hist. Afr. du Nord. Alger.

14. Dahman ., 1986 .Les groupements végétaux des monts de Tlemcen (Ouest Algérien). Syntaxonomie et phyto-dynamique, Biocénose, :1-69.

15. Dajoz R., 1971. Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434 p.

16. Dajoz R., 2003. Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 615 p. *Bol. Serv. Plagas Forest* .13 :111-117.

17. Dajoz R., 2007. Les insectes et la foret. Rôle et diversité des insectes dans le milieu foerstier .2^{E} Ed .Tec et Doc. Lavoisier: 241-250.

18. Debazec., 1965. Biological control by natural enemies- Cambridge University press, Cambridge

19. Delmond *et al* ., 1996. Composition chimique et activité antimicrobienne de l'essence de térébenthine du pin maritime (pinus pinaster) et du pin d'alep(pinus halpensis) du Maroc 293-300.

20. Delmond P, 2002, Les résines naturelles .p. 59-62

21. Demerdji ., 1990. Systématique et bio-écologie de différents groupes faunistiques p:10 -13

22. Demolin G., 1970. Programa ecologico international sobre la Procesionaria delpino.

23. Demolin G., 1971. Incidences de quelques facteurs agissant sur le comportement social des chenilles de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. (*Lepidoptera*) pendant la période des processions de nymphose – Répercussions sur l'efficacité des parasites. Ann. Zool. - Écol. Anim. Hors série : 33-56

24. Demolin G., 2007 .Chenille nouveau-nées de processionnaire du Pin INRA/G.p.75-82.

25. Demolin .G., 1969. Comportement des adultes de *Thaumetopoea pityocampa* Schiff.

26. Denis et Schiffermüller., 1775. Systematisches verzeichnis des schmetterlinge de wiener

27. DGF., 2004. Programme d'Action National sur la lutte contre la Désertification. 104 p. Dispersion spatiale, importance écologique. *Ann. Sci. Forest* 26(1) :81 102.

28. Dreux P., (1980). Précis d'écologie. Ed. Presses. Univ. France, Paris, 213 p.
gegend. Wien: bernardi, 343 p.

29. Emberger L., 1955. Une classification biogéographique des climats. Rev. Trav. Lab. Géol. Bot., Zool., Fac. Sc. Montpellier, 7 : pp 3-43.

30. Fabre., 1899. La processionnaire du pin. *In : Souvenirs entomologiques.* [en-ligne] Série VI, 155 chapitres 19 à 23 (Créé en 2000). [http://www.e-fabre.com/etexts/ processionnaire.htm] (consulté le 09 Août 2009)
France, 35, 341-343.

31. Frontier S., Pichod-Viale D., Lepretre A., Davoult D. &Luczak CH., 2004. Ecosystèmes, Structure, Fonctionnement, Evolution. 3e édition, Ed. Dunod, Paris, 549 p.

32. Goussard, F., Saintonge, F. X. ; Geri, C., Auger-rozenberg, M.A., Pasquier-barre, F., Rousselet, j. (1999). Accroissement des risques de dégâts de la processionnaire du pin, *Thaumetopoea pityocampa* denis & schiff. en région centre, dû au réchauffement climatique (lepidoptera, thaumetopoeidae). Annales de la société entomologique de France, 35, 341-343.

33. Guerrero A., Camps F., Coll J.et Riba M., 1981.Identification of a potential sex pheromone of the processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera, Notodontidae). Tetrahedron Lett. 22 (21): 2013-2016.

34. Guignard J.L., 2001 .Aptitude technico-économique du Pin d'Alep et du Pin Maritime. P 85-88.

35. Hmimina M., 1986 .Stratégies d'occupation des cultures et d'hivernation chez *Helicouerpa armigera* HB (Lep., *Noctuidae):* essai de modélisation prévisionnelle. Thèse de Doctorat ès Sciences Université de Marseille (St Jérôme), 184 p.

36. Hodar J.A., Zamora R., Castro J., 2002.Host utilisation by moth and larval survival of pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* in relation to food quality in three Pinus species. Ecol. Entomol. 27, 292-301.

37. Hodar J.A., Castro J., Zamora R., 2003. Pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* as a new threat for relict Mediterranean Scots pine forests under climatic warning. Biol. Conservat. 110, 123-129.

38. Huchon H., Demolin G., 1970. La bio écologie de la processionnaire du pin. Dispersion potentielle, dispersion actuelle. *Rev. For. Fr*. [en-ligne] **XXII**, n°spécial « La lutte biologique en forêt », 220-234. [http://documents.irevues.inist.fr]

39. Jean- Claude Martin., 2007. « la chenille processionnaire du pin », futura - sciences.[enlingne].http://www.futurasciences.com/magazines/nature/infos/dossiers/d/zoologiechenilleprocessionnaire-pin-

40. Julie rivière., 2011. Les chenilles processionnaires du pin : évaluation des enjeux de santé animale, 15P.

41. Kadik B., 1950. Le câprier, une espèce arbustive pour le développement rural durable en Algérie. 1p581.

42. Kadik B., 1983. Contribution l'étude du pin d'alep (*Pinus halepensis* Mill) en algerie. Ecologie, dendrométrie, morphologie. Thèse Doctorat, Univer. Pierre et Marie Curie, Paris, 261 p.

43. Kadik B., 1987. Contribution à l'étude du pin d'Alep (*pinus halpensis* Mill) en Algérie. Ecologie, dendrométrie, morphologie. Ed. O.P.U; 580p.

44. Laurent-Hervouet N., 1986. Mesure des pertes de croissance radiale sur quelques espèces de Pinus dues à deux défoliateurs forestiers.I.Cas de la processionnaire du pin en région méditerranéenne. *Ann.Sci.For* – 43(2) : 239-262.

45. Leblond A., 2009. Inventaire et évaluation des méthodes de lutte contre la *processionnaire du pin*. Mémoire Master Professionnel, Environnement-Droit. Rennes.

46. Leblond A., Martin J.C., Provendier D., Gutleben C., Robinet C., Napoleone C., 2010. Inventaire et évaluation des méthodes de lutte contre la processionnaire du pin. Enquête nationale–guide technique. [en-ligne] Angers (Fr) : Plante et Cité, 25p. [http://www.prodinra.inra.fr]

47. Lemoine., 1977.Contribution à la mesure des pertes de production cause par la chenille processionnaire Thaumetopoea pityocampa schiff au pin maritime dans les landes de Gascogne. Annales des Science Forestieres 34 :205-214

48. Lequet A., 2010. Les pages entomologiques d'André Lequet. [en-ligne]. Mise à jour le 05 Décembre 2010 [http://www.insectes-net.fr/] (consulté le 22 décembre 2010).

49. Markalas S., 1989. Influence of soil moisture on the mortality, fecundity and diapause of the pine processionarymoth (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff.). J. Appl. Ent. 107: 211-215.

50. Martin J.C., Frerot B., 2005. Evolution de la lutte contre la processionnaire du pin : vers l'utilisation de la phéromone de synthèse *Bilan de la Santé des forêts*. [en-ligne] 4p. [http://www.prodinra.inra.fr]

51. Martin J.C., 2005. La processionnaire du pin : *Thaumatopoea pityocampa* (Denis et Schiffermüller). Biologie et protection des forêts. Synthèse des recherches bibliographiques et des connaissances, INRA Avignon

52. Martin J.C., Bonnet C., Mazet R., 2007. La processionnaire du pin : vers un contrôle écologique et raisonné. In : conférence sur l'entretien des espaces verts, jardins, gazons, forêts, zones aquatiques et autres Zones Non Agricoles. Angers (France).

53. Montoya R., 1984. Description of a new type of trap to catch males of the Pine processionary. *Boletin de la Estacion Central de Ecologia*, **13**, 99-103

54. Mutin G., 1977. La Mitidja, décolonisation et espace géographique. Ed. Office Publ. Univ., Alger, 606 p.

55. Nahal I., 1962. Le pin d'Alep. Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forets. – 4 :533-627

56. Ramade F., 2003. Éléments d'écologie - Écologie fondamental. 3ème édition. 690 p.

57. Roques *et al* ., 2015. Processionary moths and climate change an update. Ed. Alain

Roques Zoologie Forestière INRA, UR 0633 Orleans, France. 427 P.

58. Rousselet J., 2008. La chenille processionnaire du pin et le réchauffement climatique. Vers de nouvelles méthodes de lutte contre un insecte forestier urticant qui s'invite en ville. In : Colloque Insectes et changement climatique. Micropolis, Aveyron (France).

59. Pesson P., 1980. Actualité d'écologie forestière. Sol, Flore, Faune Nancy France p 51.

60. Quezel P., Barbero M., 1992. Le Pin d'Alep et les espèces voisines : répartition et caractères écologiques généraux, sa dynamique récente en France méditerranéenne, TXXVIIn°3,1992, pp. 158-170.

61. Quezel P., et Santa ., 1963. Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales 1,p,1-565 ; 2,p,566.

62. Quezel P., 2000. Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ed. Ibis Press. Paris, 117p.

63. Stewart P., 1969. Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions.Bull. Int. Nati. Agro. El Harrach: 24-25

64. Seltzer P., 1946. Le climat de l'Algérie .Travaux de l'institut de météorologie et de physique du globe de l'Algérie. Université d'Alger 217 p.

65. Turpin M., 2006. Les chenilles urticantes : effets pathogènes chez l'homme et chez l'animal et données actuelles sur les venins et les moyens de lutte. Thèse. Méd.Vét., Nantes, N°097, 182p

66. Venet J., 1986. Identification des outils et méthodes utilisées à Dynafor concernant la Dendrochronologie.

67. Zamoum M., 1998. Données sur la bio écologie, les facteurs de mortalité et la dynamique des populations de *Thaumetopoea pityocampa Denis et Schiffermüller (Lep., Thaumetopoeidae)* dans les pineraies subsahariennes de la région de Djelfa (Algérie).
Thèse de Doctorat, Univ des sciences de Rennes I, France, 247 p.

68. Zamoum M., 2002. Quelques éléments pour la préservation de la santé des forêts en Algérie. Revue de la forêt algérienne, n° 4, juil .2002, 4-7.