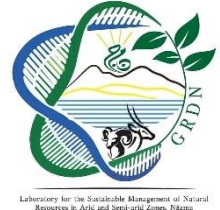


République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Centre Universitaire- Salhi Ahmed - Naâma
Institut des Sciences et de Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Laboratoire de recherche :

Gestion durable des ressources naturelles dans les zones arides et semi-aride

MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER Académique

En Sciences Agronomiques

Spécialité :

Agro-pastoralisme

Présenté Par :

Badaoui Manal

Ben aissa Lamis

Thème

**Bio-écologie et évaluation de l'entomofaune ravageurs du pin
d'Alep (*Pinus halepensis*) dans la région de Naâma**

Soutenu le : 07/07/2022

Devant le jury :

Président : M^r Nouri Tayeb

MCA, Centre Universitaire de NAAMA

Examineur : M^r Bouyahya Hadj

MAA, Centre Universitaire de NAAMA

Encadreur : M^r Brahimi Djamel

MCA, Centre Universitaire de NAAMA

Co-Encadreur : M^r Youcefi Ahmed Toufik

Chef de circonscription des forêts de Mècheria

Année universitaire 2021/ 2022

Remerciements

*Au premier lieu nous remercier DIEU le tout puissant qui nous a donné
la force, le courage et la volonté pour achever ce travail.*

Nous tenons donc à remercier :

*Monsieur Brahimi Djamel pour sa direction et son encouragement et ses
orientations, ainsi les membres de jurys pour avoir accepté de lire et évaluer
ce travail.*

*Notre chaleur reconnaissance à monsieur SAHJ Ahmed, à monsieur
Hitache Rachid, à monsieur Youcefi Ahmed, aux ingénieurs de
laboratoire et de la circonscription des forêts de Mecheria.*

Dédicace

À mes très chers parents, source de vie, d'amour et d'affection.

À mon cher frère et mes chères sœurs ainsi à ma belle-sœur et mon beau-frère à mes neveux qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours, enfin je remercie mon binôme Lamis.

Manal

Dédicace

*Je dédie ce travail à mes chers parents qui n'ont jamais cessé de me soutenir
tout au long de ce chemin à mes chers frères, à mes chères sœurs, source
d'espoir, à ma famille sans exception, enfin je remercie mon binôme Manal.*

Lamis

Résumé :

Les forêts du pin d'Alep en Algérie subissent une dégradation forte en raison de plusieurs facteurs, parmi les causes de cette régression les ravageurs qui se nourrissent sur l'espèce du pin.

La chenille processionnaire est l'un des ravageurs du pin qui peuvent causer des dégâts considérables au niveau du forêt. Ce travail vise à étudier l'état sanitaire du forêt de Draa el Aoud localisée dans la commune de Mécherai wilaya de Nâama vis-à-vis a ce ravageur et analyser le bilan d'infestation.

Dans le but de protéger ce patrimoine floristique et notre écosystème algérien notamment l'écosystème steppique et pour minimiser les dommages que ces larves processionnelles peuvent causer, nous avons testé l'effet bio-pesticide des huiles essentielles et de leurs extraits (éthanoïque, méthanoïque, eau distillé) à partir de la plante méditerranéenne d'Armoise sur le sujet de *thametopoea pitycampae*.

Les résultats des tests de mortalité ont permis d'obtenir que les extraits et l'huile essentielle extraites des feuilles de la plante d'Armoise présente un effet bio-pesticide sur les individus de la chenille processionnaire.

Mots clés : Pin d'Alep, ravageurs du pin, La chenille processionnaire, Armoise, bio-pesticide, étude dendrométrique.

Abstract:

The Aleppo pine forests in Algeria are undergoing strong degradation due to several factors, among the causes of this regression the pests that feed on the pine species.

The pine processionary caterpillar is one of the pine pests that can cause considerable damage to the forest. This piece of research aims to examine the health status of the forest of Draa el Aoud which's located in Mecheria wilaya of Nâama vis-à-vis this pest and analyse the balance of infestation.

In order to protect this floristic heritage and our Algerian ecosystem, in particular the steppe ecosystem, and to minimize the damage that these processional caterpillars can cause, we tested the bio-pesticide effect of essential oils and their extracts (ethanoic, methanoic, distilled water) from the Mediterranean plant Mugwort on the subjects of *thametopoea pitycampa*.

The results of the mortality tests made it possible to obtain that the extracts and the essential oil extracted from the leaves of the Mugwort plant have a bio-pesticide effect on the people of the pine processionary caterpillar.

Keywords: The pine processionary caterpillar, Aleppo pines, bio-pesticide, Mugwort.

ملخص

تشهد غابات الصنوبر الحلبي في الجزائر تدهورا قويا بسبب عدة عوامل. ومن بين أسباب هذا التراجع الآفات التي تتغذى على هذا النوع من الأشجار.

يعد الجاذوب من بين هذه الآفات، حيث يمكنها أن تتسبب في ضرر كبير على مستوى غابة الصنوبر الحلبي.

يهدف هذا العمل الى دراسة وتقييم الوضع الصحي لغابة الصنوبر الحلبي المتواجدة في منطقة دراع العود ببلدية المشرية بولاية النعامة في مواجهة هذه الآفة من خلال تحليل نسبة العدوى.

يتمثل الهدف العام لهذه الدراسة في الحفاظ على التراث الغابي والنظام البيئي الجزائري وبالخصوص النظام البيئي السهبي وذلك بتقليص أو القضاء على الأضرار التي تسببها هذه اليرقة على شجرة الصنوبر الحلبي.

تتمثل هذه الدراسة في تجريب أثر ومفعول الزيوت والمستخلصات المستخرجة من نبات الشيح كمبيد حشري طبيعي على الجاذوب.

من خلال ملاحظة نتائج التجارب السابقة والمتمثلة في القضاء التام والكلي على اليرقات المستهدفة، فإننا نستنتج أن الزيوت الأساسية والمستخلصات المستخرجة من أراق نبات الشيح قد أثبتت فعاليتها كمبيد حشري طبيعي ضد الجاذوب.

الكلمات المفتاحية: الصنوبر الحلبي، الشيح، مبيد حشري طبيعي، الجاذوب، منطقة دراع العود.

Table des matières

Remerciement	
Dédicace 1	
Dédicace 2	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des cartes	
Liste des annexes	
Introduction générale	

Chapitre I Généralité sur le pin d'Alep

Introduction	04
I. Généralité sur le pin d'Alep (<i>Pinus halepensis Mill</i>)	04
I.1 Classification botanique	04
I.2 Principales caractéristiques et spécificités du pin d'Alep	05
I.2.1 Caractéristique écologique	05
I.2.2 Caractéristique morphologique	07
I.2.3 Caractéristiques physiologiques et de croissance	09
I.2.4 Caractéristique biologique	11
I.3 Importance de la forêt du pin d'Alep	12
I.3.1 Importance écologique	12
I.3.2 Importance économique	13
I.4 Aire de répartition	13
I.4.1 Dans le monde	13
I.4.2 En Algérie	15
I.4.3 Dans la wilaya de Nâama	16
I.5 Étude sur les principaux ravageurs du pin d'Alep	16
I.6 Autres ravageurs et maladies du pin d'Alep	21

Chapitre II Description de la région d'étude

I. Généralité sur la région d'étude de Naâma	24
I.1 Présentation de la région de Naâma	24
I.1.1 Organisation administrative	24
I.1.2 Situation géographique de la wilaya de Naâma	26
I.1.3 Paysage géographique	27
I.2 Cadre géologique	27
I.3 Cadre pédologique	29
I.4 Cadre hydrographique et hydrogéologique	32
I.5 Richesse floristique	33
II. L'Etude bioclimatique	37
II.1 Méthodologie	37
II.2 Les paramètres climatiques	37
II.2.1 Précipitation	37
II.2.2 Température	39
II.3 Synthèse bioclimatique	40
II.3.1 L'amplitude thermique moyenne et indice de continentalité	40
II.3.2 L'indice d'aridité de « Martonne »	41
II.3.3 Diagrammes ombrothermiques de « BAGNOULS » et « GAUSSEN »	41
II.3.4 Quotient pluviométrique et Climagramme d'EMBERGER (1955)	42
II.4 Autres facteurs climatiques	43
II.4.1 Gelées	44
II.4.2 Vent	44

Chapitre III Matériels et Méthodes

Introduction	46
I. Choix de Station	46
II. Matériel utilisé	47
II.1 Matériel de terrain	47
II.2 Matériel végétal	47
II.3 Matériel animal	48
II.4 Matériel du laboratoire et les produits chimiques	48

III. Méthode expérimentale	49
III.1 Étude sur Terrain	49
III.2 Étude sur les insectes ravageurs	51
III.3 Exploitation d' <i>Artemisia herba-alba</i> comme bio-pesticide	51
III.4 Protocole d'extraction	52
III.4.1 Extraction des extraits par Soxhlet	52
III.4.2 Extraction de l'huile essentielle d' <i>Artemisia herba-alba</i> par hydro-distillation	53
III.5 Test de l'activité bio pesticide de l'huiles essentielle et des extraits (méthanoïque, éthanoïque, eau distillée) de l'Armoise	55
III.6 Méthodes d'analyse des données	56
III.6.1 Correction de la mortalité	56

Chapitre VI Résultats et Discussion

I. Résultats sur l'Etat phytosanitaire du peuplement de pin d'Alep à Draa El Aoud	59
I.1 Les insectes ravageurs nuisibles de pin d'Alep	62
I.1.1 La Chenille processionnaire du pin	62
I.1.2 Les Scolytidae	64
I.1.3 La larve d' <i>Arhopalus Ferus</i>	65
II. Étude dendrométrique de la forêt de Draa El Aoud	66
II.1 Analyses dendrométriques	67
II.1.1 La hauteur	67
II.1.2 La circonférence	67
II.1.3 Le taux de recouvrement (N° d'arbre / parcelle) des arbres	68
II.1.4 La corrélation entre la hauteur et la circonférence	69
III. Résultats sur l'exploitation d' <i>Artemisia herba-alba</i> comme bio-pesticide	72
III.1 Test de l'activité bio pesticide de l'huile essentielle et les extraits d' <i>Artemisia herba-alba</i>	73
III.2 potentialités bio-pesticide de l'huile essentielle et les extraits d' <i>Artemisia herba alba</i> sur le taux de mortalité	86
VI. Dose létale et temps létale	93
V. Discussion	94

Listes des figures

		Pages
Figure 01	Les arbres de pin d'Alep dans la forêt de Draa El Aoud à Mècheria	09
Figure 02	L'écorce du <i>Pinus halepensis</i>	09
Figure 03	Les feuilles du <i>Pinus halepensis</i>	09
Figure 04	Les rameaux du <i>Pinus halepensis</i>	09
Figure 05	Les cônes du <i>Pinus halepensis</i>	09
Figure 06	Le bois mort du <i>Pinus halepensis</i>	09
Figure 07	Le nid de la chenille processionnaire du pin	17
Figure 08	La chenille processionnaire du pin	17
Figure 09	Les dégâts primaires, feuille jaune paille, sont visibles au début de l'activité des chenilles	18
Figure 10	Le cycle biologique moyen de la chenille processionnaire	19
Figure 11	Les différents stades larvaires de la chenille processionnaire	19
Figure 12	Les Dégâts des scolytes	20
Figure 13	Diagramme présentatif des répartitions des moyennes mensuelles des précipitations (1991-2021)	38
Figure 14	Diagramme présentatif des répartitions des moyennes mensuelles des températures (1991-2021)	40
Figure 15	Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN station Nâama	42
Figure 16	Climagramme d'EMBERGER	43
Figure 17	Localisation de boisement de masse Draa El Aoud	46
Figure 18	Matériel utilisé (A : Mètre ruban, B : Loupe binoculaire, C : GPS, D.E : Blume-leiss)	47
Figure 19	la plante « <i>Artemisia herba alba</i> »	47
Figure 20	Séchage des feuilles d' <i>Artemisia herba-alba</i> (Chih)	48
Figure 21	La chenille processionnaire du pin	48

Figure 22	Les symptômes des ravageurs, (A. Ecorce infecté ; B. chute de l'écorce ; C. Défoliation)	49
Figure 23	Mesure de la circonférence des arbres de <i>Pinus halepensis</i> dans la forêt de Draa el Aoud	50
Figure 24	Mesure de la hauteur des arbres de pin d'Alep dans la forêt de Draa El Aoud.	50
Figure 25	Protocole expérimental	52
Figure 26	Pèsement d' <i>Artemisia herba-alba</i>	53
Figure 27	Une cartouche en papier filtre	53
Figure 28	Dispositif d'extraction Soxhlet	53
Figure 29	Montage d'hydro –distillation	54
Figure 30	Dispositif expérimental adopté pour le test de contact	55
Figure 31	Pulvérisation des extraits sur les boites de pétri	55
Figure 32	Pulvérisation des extraits sur le coton	56
Figure 33	Dispositif expérimental adopté pour le test d'inhalation	56
Figure 34	Les dégâts primaires, feuille jaune paille, sont visibles au début de l'activité des chenilles	59
Figure 35	Pieds d'arbres dépéris	59
Figure 36	Le taux d'infestation par les ennemies naturelles de pin d'Alep	60
Figure 37	Les symptômes observés des insectes ravageurs dans la station Draa el aoud	61
Figure 38	Atteintes du peuplement (A. le nid de la chenille processionnaire de pin ; B. Défoliations des arbres due à la chenille processionnaire du pin)	62
Figure 39	Morphologie de la chenille processionnaire (A, face ventrale ; B, la tête ; C, thorax ; D, face dorsale ; E, l'extrémité de l'abdomen)	63
Figure 40	Dégâts de la chenille processionnaire	63
Figure 41	Traces des ravageurs (A : attaque des racines, B: Trous des scolytes, C: Galeries des de scolytes sous écorce, D: Praline de résine, E : Trous de sortie des adultes)	65
Figure 42	La larve d' <i>Arhopalus Ferus</i>	66
Figure 43	Dégâts de la larve d' <i>Arhopalus Ferus</i>	66

Figure 44	Distribution de La hauteur moyenne des arbres étudiés dans la forêt de Draa El Aoud dans les parcelles	67
Figure 45	Distribution des circonférences des arbres étudiés dans la forêt de Draa El Aoud	68
Figure 46	Distribution de Taux de recouvrement (N° d'arbre / parcelle) des arbres étudiés dans la forêt de Draa El Aoud	68
Figure 47	Images satellitaires des parcelles étudiées (A: parcelle 1 ; B: parcelle 2 ; C: parcelle 3 ; D: parcelle 4 ; E: parcelle 5)	69
Figure 48	Relation linéaire entre hauteur et circonférence de la parcelle(A) de la forêt de Draa el aoud	70
Figure 49	Relation linéaire entre hauteur et circonférence de la parcelle (B) de la forêt de Draa el aoud	70
Figure 50	Relation linéaire entre hauteur et circonférence de la parcelle (C) de la forêt de Draa el aoud	71
Figure 51	Relation linéaire entre hauteur et circonférence de la parcelle (D) de la forêt de Draa el aoud	71
Figure 52	Relation linéaire entre hauteur et circonférence de la parcelle (E) de la forêt de Draa el aoud	71
Figure 53	Récupération de l'extrait brut d' <i>Artemisia herba-alba</i>	73
Figure 54	Récupération d'huile brute d' <i>Artemisia herba-alba</i>	73
Figure 55	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet contact de l'extrait éthanoïque au dosage (2µl/ml)	75
Figure 56	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet contact de l'extrait méthanoïque au dosage (2µl/ml)	75
Figure 57	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet contact de l'extrait d'eau distillé au dosage (2µl/ml)	76
Figure 58	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet contact de l'huile essentielle au dosage (2µl/ml)	76
Figure 59	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet contact de l'extrait éthanoïque au dosage (4µl/ml)	77
Figure 60	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet contact de l'extrait méthanoïque au dosage (4µl/ml)	77
Figure 61	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet contact de l'extrait d'eau distillé au dosage (4µl/ml)	78

Figure 62	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet contact de l'huile essentielle au dosage (4µl/ml)	78
Figure 63	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet contact de l'extrait éthanöique au dosage (6µl/ml)	79
Figure 64	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet contact de l'extrait méthanoïque au dosage (6µl/ml)	79
Figure 65	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet contact de l'extrait d'eau distillé au dosage (6µl/ml)	80
Figure 66	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet contact de l'huile essentielle au dosage (6µl/ml)	80
Figure 67	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet inhalation de l'extrait éthanöique au dosage (2µl/ml)	81
Figure 68	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet inhalation de l'extrait méthanoïque au dosage (2µl/ml)	82
Figure 69	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet inhalation de l'extrait d'eau distillé au dosage (2µl/ml)	82
Figure 70	Diagramme représente la mortalité des chenilles processionnaires par effet inhalation de l'huile essentielle au dosage (2µl/ml)	83
Figure 71	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet inhalation de l'extrait éthanöique au dosage (4µl/ml)	83
Figure 72	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet inhalation de l'extrait méthanoïque au dosage (4µl/ml)	84
Figure 73	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet inhalation de l'extrait d'eau distillé au dosage (4µl/ml)	84
Figure 74	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet inhalation de l'huile essentielle au dosage (4µl/ml)	85
Figure 75	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet inhalation de l'extrait éthanöique au dosage (6µl/ml)	85
Figure 76	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet inhalation de l'extrait méthanoïque au dosage (6µl/ml)	86
Figure 77	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet inhalation de l'extrait d'eau distillé au dosage (6µl/ml)	86
Figure 78	Diagramme représente la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet inhalation de l'extrait d'eau distillé au dosage (6µl/ml)	87

Figure 79	Efficacité de l'extrait méthanoïque sur le taux de mortalité <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet contact direct	88
Figure 80	Efficacité de l'extrait éthanoïque sur le taux de mortalité de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet contact direct	88
Figure 81	Efficacité de l'extrait d'eau distillé sur le taux de mortalité de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet contact direct	89
Figure 82	Efficacité de l'huile essentielle sur le taux de mortalité de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet contact direct	90
Figure 83	Efficacité de l'extrait méthanoïque sur le taux de mortalité de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet inhalation	91
Figure 84	Efficacité de l'extrait éthanoïque sur le taux de mortalité de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet inhalation	92
Figure 85	Efficacité de l'extrait d'eau distillé sur le taux de mortalité de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet inhalation	92
Figure 86	Efficacité de l'huile essentielle sur le taux de mortalité de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet inhalation	93

Liste des Tableaux

		Pages
Tableau 01	Répartition des Dairates et des communes de la wilaya de Nâama au 31/12/2021	25
Tableau 02	Répartition des forêts par commune	35
Tableau 03	Répartition de la superficie forestière (Ha) par espèce	36
Tableau 04	Les principales caractéristiques de la station de référence	38
Tableau 05	Répartition moyenne mensuelle des précipitations (mm) durant la période 1991-2021	35
Tableau 06	Régime saisonnier des précipitations au niveau du territoire Naâma	39
Tableau 07	Valeurs moyenne mensuelles de la température	39
Tableau 08	Indice de continentalité de la zone d'étude durant la période de référence	41
Tableau 09	Indice de MARTONNE pour les trois stations	41

Tableau 10	Valeur de Q ₂ et étages bioclimatiques	43
Tableau 11	Doses utilisées dans le test de contact et l'inhalation pour les huiles essentielles et les extraits de l'Armoise	55
Tableau 12	Les ennemies naturelles du pin d'Alep	59
Tableau 13	Le taux d'infestation des parcelles étudiées	60
Tableau 14	Etat sanitaire des arbres et les symptômes observés	60
Tableau 15	Le taux de symptômes observés des ennemies naturelles de pin d'Alep	61
Tableau 16	Mesures dendrométriques (Hauteurs/diamètres) et le Taux de recouvrement (N° d'arbre / parcelle)	67
Tableau 17	Evaluation de la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> de pin par effet contact	74
Tableau 18	Evaluation de la mortalité des <i>Thaumetopoea pityocampa</i> de pin par inhalation	81
Tableau 19	Evaluation de la mortalité des individus de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet contact	87
Tableau 20	Evaluation de la mortalité des individus de <i>Thaumetopoea pityocampa</i> par effet inhalation	91

Listes des cartes

		Pages
Carte 01	L'aire de répartition du <i>Pinus halepensis</i> dans le monde	15
Carte 02	L'aire de répartition du <i>Pinus halepensis</i> en Algérie	16
Carte 03	La répartition des communes de la wilaya de Naâma	25
Carte 04	Situation géographique de la wilaya de Naâma	27
Carte 05	Géologique de la Wilaya de Naâma	29
Carte 06	Lithologique de la wilaya de Naâma	30
Carte 07	Extrait de la carte pédologique de la wilaya de Naâma - région centre	32

Listes des Annexes

	Pages
Fiche parcelle 01	106
Fiche parcelle 02	107
Fiche parcelle 03	108
Fiche parcelle 04	109
Fiche parcelle 05	110

Introduction générale

Les forêts étant un élément du système de support de la vie de la planète, de son environnement. Ainsi elles sont d'une source de revenus considérables. En ce sens, la gestion et le développement doivent viser à assurer la durabilité de cette source, de leur bien-être social et économique.

Le maintien d'un équilibre écologique et la protection des espaces naturels dans les régions arides contre la désertification sont devenus des enjeux cruciaux qui s'inscrivent dans l'approche du développement durable.

La forêt a toujours été considérée par l'homme comme une source inépuisable de bois, ce qui a entraîné des conséquences néfastes sur la perte de la biodiversité et à la perturbation de l'équilibre des chaînes trophiques existantes.

A cette exploitation irrationnelle, s'ajoutent les nombreux problèmes posés à l'économie forestière du monde entier, par la très grande nocivité des insectes ravageurs. C'est pourquoi, la lutte contre les ravageurs des forêts passe par la connaissance de l'entomologie forestière, science à laquelle s'intéressent beaucoup de chercheurs actuellement (**DUMERLE et al., 1991**).

Affectés par de nombreuses perturbations abiotiques (gels hivernaux, sécheresses, etc.) et/ou biotiques (attaques d'insectes défoliateurs, pathogènes foliaires, etc.) qui peuvent provoquer le dépérissement des arbres plus ou moins importants (**DURAND-GILLMANN, 2014**).

La mortalité due à des facteurs abiotiques, en particulier les événements climatiques extrêmes tels que la sécheresse (**ALLEN 2009**). Cependant, peu d'études se sont intéressées à la mort due à des facteurs biotiques. Au cours des 10 dernières années, il y a eu une augmentation due aux agents pathogènes et aux parasites (**ROUAULT et al., 2006**). En effet, les épisodes de sécheresses successives (**CAILLERET et al., 2013**) ont entraîné un affaiblissement des arbres causant à la fois, une diminution de leurs mécanismes de résistance (**ALLEN et al., 2010**) et une accélération des cycles de développement des parasites (**ROUAULT et al., 2006**).

Faisant partie des principales espèces forestières concernées par ce phénomène, le pin d'Alep (*Pinus halepensis Mill*) représente une espèce forestière rustique appartenant à la famille des conifères, fréquentant la plupart des variantes bioclimatiques du bassin méditerranéen.

Les pins sont les espèces d'arbres les plus communément plantées à cause de leur croissance rapide, de leur résistance aux conditions les plus xériques, et de leur aptitude à reconstituer les zones dégradées et à occuper les terrains nus (**ZAVALA et ZEA, 2004**). Etant l'une des essences les plus répandues dans la région méditerranéenne, couvrant plus de 25.000 km² des formations forestières dans les régions arides, semi-arides et subhumides (**QUÉZEL, 2000**).

L'Algérie avait lancé un projet pilote intitulé "Barrage vert" en avril 1971, qui impliquait le reboisement dans les régions arides de la bordure sud de l'Atlas saharien. En général, le barrage vert a connu des défaillances fatales dans une grande partie du pays sous l'influence de plusieurs facteurs édaphoclimatiques et anthropiques. Aujourd'hui, l'espèce est capable de se battre, sauf dans certaines zones au niveau des piémonts Nord de l'Atlas Saharien. Seuls quelques pins d'Alep rabougris en ont formé des traces, dont la wilaya de Naâma, objet de notre étude (**NEDJRAOUI et BEDRANI, 2008**).

Plusieurs zones de plantation ont été identifiées dans la wilaya de Naâma, y compris le boisement de masse de la forêt de "Draa El Aoud" située au nord de la commune de Mècheria, qui souffre des problèmes massifs de dégradation, suite à sa monoculture basée principalement sur le pin d'Alep (*Pinus halepensis Mill*), qui est actuellement dans un état très dégradé.

Vu la nuisibilité importante et les dégâts énormes causés par les insectes ravageurs des forêts algériennes notamment celles à base du pin d'Alep, et dans le but de la valorisation et la protection de ce patrimoine floristique, nous avons essayé de contribuer à l'évaluation de l'état phytosanitaire des forêts de la région de Naâma par une étude entomofaunique, étude dendrométrique et une étude sur la recherche des alternatives des pesticides chimiques par l'utilisation des plantes bio pesticides de L'armoise blanche « *Artemisia herba alba* ». Pour ce faire, notre manuscrit est constitué de quatre chapitres à savoir :

Le premier chapitre synthétise les données bibliographiques collectées : généralité sur l'espèce (*Pinus halepensis Mill*) ;

Le deuxième chapitre décrit, une description de la région d'étude ;

Alors que le troisième chapitre, est consacré pour le matériel utilisé et la méthode poursuivie, (relative aux : études dendrométriques ; étude sur les insectes ravageurs ; exploitation d'*Artemisia herba-alba* comme bio-pesticide) ; tandis que résultats et les discussions trouverons lieu dans le quatrième chapitre.

Chapitre I
Généralité sur le Pin d'Alep

Introduction :

L'Algérie possède un véritable potentiel forestier qu'il est possible de mettre en valeur aussi bien pour un développement industriel et économique du pays que pour la protection de l'environnement. Notamment le pin d'Alep qui est parmi les espèces d'arbres les plus communément plantées en Algérie.

I. Généralité sur le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) :

Les pins sont les espèces d'arbres les plus communément plantées notamment en Algérie, vu leur croissance rapide et leur résistance aux conditions les plus xériques, leur aptitude à reconstituer les zones dégradées et à occuper les terrains nus. Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) est l'une des essences les plus répandues dans la région méditerranéenne, couvrant plus de 25.000 km² des formations forestières dans les régions arides, semi-arides et sub-humides. (QUÉZEL, 2000)

I.1 Classification botanique :

Le genre *Pinus*, appartenant à la famille des Pinacées (Abiétacées), est divisé en trois sous-genres qui sont *Pinus*, *Ducampopinus* et *Cembrapinus*. Ces sous-genres sont divisés en sections. L'espèce *Pinus halepensis* Mill. fait partie de la section *Halepensoïdes* qui est divisée en trois groupes parmi lesquels le groupe *halepensis*. La systématique du pin d'Alep se résume comme suit par : (GUIT, 2015)

Règne : Plantae

Embranchement : Spermaphyta

Sous-embranchement : Gymnospermae

Classe: Pinopsida

Ordre: Abietale

Famille: Pinaceae (Abietaceae)

Sous-famille : Pinoïdeae

Genre : *Pinus*

Sous-genre : *Eupinus*

Espèce : *Pinus halepensis* Mill.

I.2 Principales caractéristiques et spécificités du pin d'Alep :**I.2.1 Caractéristique écologique :****I.2.1.1 Température :**

La température est un des facteurs climatiques majeurs limitant l'expansion du pin d'Alep. On le rencontre dans des gammes de températures moyennes annuelles allant de 11 à 19 °C, ce qui correspond à peu près à des moyennes des minima du mois le plus froid comprises entre -2 et + 6 °C. Il peut supporter des froids accidentels de -15 à -18 °C, à condition qu'ils restent exceptionnels et de durées limitées. (QUEZEL, 1986)

I.2.1.2 Altitude :

Le pin d'Alep est une essence qui se rencontre à presque toutes les altitudes, depuis le littoral jusqu'à l'atlas saharien ou il végète à une altitude de 2200m.

Dans l'Atlas tellien le pin d'Alep prospère entre 400 et 1200m mais la grande majorité des pineraies d'Algérie se trouve à une altitude de 800 à 1200m.

Dans toute la région tellienne, il ne dépasse pas 1400 m, Dans les monts Aures, il va jusqu'à 1600m, en contact avec la cédraie.

Dans l'Atlas saharien, il atteindra 2100 et 2200 m, ce qui est sa limite extrême (Ouled Nail, Boussaâda). (BOUDY, 1980)

Dans la région de Naâma, il varie entre 1000 à 1200 m, dont les conditions moyennes du pin d'Alep.

I.2.1.3 Climat et distribution :

Le facteur climatique joue un rôle prépondérant dans l'écologie du Pin d'Alep. Toute sa distribution est commandée par la température et la tranche pluviométrique.

Les grandes forêts de pin d'Alep, se trouve principalement dans la zone semi-aride, caractérisée par une tranche pluviométrique de 300 à 600 mm et une température moyenne d'environ 14 °c. (MEZIANA, 2017) .

La densité des forêts du pin d'Alep dans la région de Naâma est très faible comparativement aux forêts des zones humides à cause des conditions climatiques non favorable, caractérisées par une fréquence et une quantité de la précipitation faible qui varie entre 150 à 200 mm.

I.2.1.4 Étages bioclimatiques :

Le pin d'Alep est l'espèce la plus caractéristique de l'étage bioclimatique semi-aride, c'est également dans cet étage que se trouve les grandes pineraies de l'Aures, et de l'Oranie. **(BOUDY, 1948)**

Selon **(BOUDY, 1948)** 70% à 80% des peuplements de pin d'Alep Algérienne se trouvent dans l'étage bioclimatique semi-aride.

L'aire Algérienne du pin d'Alep, occupe des zones à bioclimat allant du semi-aride inférieur à sub-humide supérieur, mais l'aire du développement optimale se situe au niveau des bioclimats semi arides moyens et supérieurs et dans leurs variantes fraîches et froides. **(KADIK.B, 1987)**

I.2.1.5 Conditions édaphiques :

Malgré les conditions climatiques défavorables de la région de Naâma pour le pin d'Alep on remarque qu'il résiste dans le sol calcaire de notre région d'étude. Car ce dernier est très tolérant du point de vue édaphique s'accommodant aussi bien des sols acides que des terrains calcaires, mais ces derniers sont cependant ses préférences surtout quand ils sont secs et chauds **(LETREUCH, 1981)**. Le pin d'Alep donne une litière acide à décomposition lente fournissant un sol pauvre en matières organiques. **(LETREUCH, 1987)**

(COCHET, 1959) in **(YOUSNI, 1980)** résume les exigences du pin d'Alep comme suit :

Lumière :	très exigeant (espèce héliophile),
Chaleur :	très exigeant (espèce xérophile et thermophile),
Eléments minéraux :	non exigeant,
Humidité de l'air :	non exigeant,
Humidité de sol :	non exigeant,
Teneur du sol en argile :	non exigeant,
Capacité du sol :	non exigeant,
Profondeur du sol :	non exigeant
Vent :	résistant
Grands froids :	très sensible

Gelées printanières : très sensible

Acidité printanière : assez sensible

Comportement vis-à-vis du calcaire du sol préférence. (KHAOUANI, 2011)

I.2.2 Caractéristique morphologique :

C'est un arbre forestier résineux de deuxième grandeur qui peut parfois atteindre entre 1,50 jusqu'à 10 mètres dans la région de Naâma de hauteur dans les conditions les plus favorables. Elle dépasse en général 15 mètres en station moyenne. Est souvent penché et peu droit avec une cime écrasée, irrégulière et claire mais ses branches sont assez étalées. (Figure 01)

I.2.2.1 L'écorce :

Est gris argenté, lisse, dans le jeune âge. En vieillissant apparaît le rhytidome (écorce adulte de plus en plus crevassée avec l'âge), d'abord écailleux (écailles assez fines, grises) puis crevassé, à crêtes allongées plates grisâtres, brun roussâtre sur quelques éclats et dans les crevasses des arbres très vieux. (C. RIPERT et al., 2012). (Figure 02)

I.2.2.2 Les Feuilles :

Très fines, inférieures à 1 mm, molles, très finement serrutés sur les bords, 5 à 10 cm de long ; réunies par deux, rarement par trois dans une gaine ; groupées en pinceaux à l'extrémité des rameaux ; leur couleur est vert jaunâtre. (C.RIPERT, 2012). (Figure 03)

I.2.2.3 Les Rameaux :

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. (C. RIPERT et al., 2012). (Figure 04)

I.2.2.4 Les Cônes :

Sont gros avec une taille de 6 à 12 cm avec un pédoncule épais de 1 à 2 cm, Souvent isolés et réfléchis. Ils sont pourpres puis brun lustré avec des écussons aplatis, persistant plusieurs années sur l'arbre. (C. RIPERT et al., 2012). (Figure 05)

I.2.2.5 Les graines :

Sont de petite taille de 5 à 7 mm à aile longue, brun gris sur une face et gris moucheté de noir sur l'autre. L'arbre de pin d'Alep produit également une graine comestible, Destinée à la confection d'une crème. (C. RIPERT et al., 2012)

I.2.2.6 La résine :

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 envoie de la résine afin de cicatriser cette blessure. (C. RIPERT et al., 2012)

I.2.2.7 Le port :

Est assez élevé (24-25 mètres maximum), très gracieux, le tronc est large bien souvent noueux et tordu. Le feuillage est de plus en plus léger. Âgé, l'arbre adopte une cime étalée pouvant le faire confondre avec un pin pignon (*Pinus pinea*). La durée de vie la plus longue peut atteindre 300 ans, mais l'arbre vit jusqu'à 120-130 ans en moyenne. (C. RIPERT et al., 2012)

I.2.2.8 Le bois :

Très tendre, avec une densité moyenne de 0,5 à 0,8 et une qualité médiocre. Les canaux de résine sont largement espacés et peuvent sécréter une grande quantité de résine.

Le bois sèche rapidement et sert à fabriquer des poteaux électriques, de la pâte à papier et des caisses pour la fabrication de panneaux de particules, Les pins d'Alep produisent environ 3 kg de résine par arbre et par an (KADIK, 1983) . (Figure6)



Figure 01 : Les arbres de pin d'Alep dans la forêt de Draa El Aoud à Mècheria.

Badaoui et Ben aissa (2022)



Figure 02 : L'écorce du *Pinus halepensis*.

Badaoui et Ben aissa (2022)



Figure 03 : Les feuilles du *Pinus halepensis*.

Badaoui et Ben aissa (2022)



Figure 04 : Les rameaux du *Pinus halepensis*.

Badaoui et Ben aissa (2022)



Figure 05 : Les cônes du *Pinus halepensis*.

Badaoui et Ben aissa (2022)



Figure 06 : Le bois mort du *Pinus halepensis*.

Badaoui et Ben aissa (2022)

I.2.3 Caractéristiques physiologiques et de croissance :

Le pin d'Alep est multinodal, il peut exprimer plusieurs cycles morphogénétiques de croissance durant un seul cycle végétatif ; selon les cas, il peut développer des pousses monocycliques ou des pousses polycycliques. (POUPON, 1970) .

POUPON (1970) a montré que le début et la fin de l'allongement des pousses de pin d'Alep se situent respectivement vers le début du mois de février et vers la fin du mois de juillet de la même année, Cependant, il peut continuer à croître jusqu'au mois d'octobre.

La durée de sa croissance est de 167 jours en moyenne ; elle est relativement plus longue que celle observée chez d'autres pins (*Pinus pinea*, *Pinus pinaster*, *Pinus radiata*) se trouvant dans les mêmes conditions. (**POUPON, 1970**)

D'après (**SERRE, 1992**) la croissance en hauteur est liée favorablement à l'indice pluviothermique d'Emberger (Q) et le bilan hydrique annuel. Quant à la croissance en circonférence, elle s'étend généralement sur une plus grande période que l'élongation de la pousse terminale. (**SERRE, 1992**)

POUPON (1970) pense qu'elle s'effectue davantage aux dépens des produits photo synthétisés l'année même que des substances de réserve qui seraient utilisées par l'arbre pour son élongation en hauteur.

L'étude réalisée par **EL AOUNI (1980)** sur le comportement physiologique du pin d'Alep a permis de mettre en évidence une double stratégie adaptative de l'espèce pour éviter la sécheresse et rationaliser sa productivité en optimisant ses activités physiologiques par un ensemble de mécanismes propres à l'espèce. Plus précisément, la première stratégie réside dans la régulation stomatique, l'ajustement de l'appareil photosynthétique aux déficits hydriques et la déviation d'une forte proportion des assimilés vers les réserves contenues dans les systèmes foliaires et racinaires aux dépens de la matière ligneuse. La seconde stratégie se traduit par l'exportation des assimilés vers les fruits (cônes). (**KHOUDJA, 2020**)

Sur le plan production ligneuse, le pin d'Alep se révèle peu productif. Les études de **SOULERES (1975)** ont montré que la production des forêts naturelles de pin d'Alep tunisien est très faible puisque jusqu'à l'âge de 80 ans, elle varie de 0,67 à 0,93 m³/ha/an selon le bioclimat et la fertilité du sol. **EL AOUNI (1980)** attribue cette faible productivité à la stratégie de répartition des assimilés dans les différentes parties de la plante et dont une forte proportion est exportée vers les cônes aux dépens de la tige et de la production du bois. (**KHOUDJA, 2020**)

I.2.4 Caractéristique biologique :

I.2.4.1 Croissance :

Le pin d'Alep peut atteindre en hauteur une croissance de 20 m par an et 50 cm en diamètre en 100ans avec une croissance faible durant les 30 premières années. (KADIK, 1983)

I.2.4.2 Production :

Selon KADIK (1987), la productivité du pin d'Alep varie suivant les étages climatiques, pour :

- Le Littoral et sub littoral : Production supérieure à 4 m³ /ha/an.
- Le Tell : de 2 à 4 m³ /ha/an.
- La zone Sub-saharienne : de 1 à 2 m³ /ha/an.

La production de la matière ligneuse par le pin d'Alep par gemmage donne environ 3 kg de résine par arbre et par an. (LALEG, 2017)

I.2.4.3 Longévité :

La longévité du Pin d'Alep est estimée à 150 ans avec une moyenne de 120 ans.

I.2.4.4 La régénération :

La régénération du pin d'Alep est théoriquement facile et abondante, elle peut avoir lieu facilement en terrain découvert, si le sol est bien croché, mais elle est mieux assurée et plus abondante lorsqu'il existe un sous-bois de densité moyenne formant un abri latéral.

Le cône du pin d'Alep mûrit au cours de la deuxième année et s'ouvre durant la troisième, laissant échapper les graines aptes à germer. Pour survivre, le cône doit subir un effet de chaleur, ce mécanisme d'ouverture naturelle semble inactif sur les cônes de 4 à 5 ans et si la chaleur n'a pas été suffisante pour stimuler cette ouverture, les cônes restent fermés même par temps très sec, car la résine empêche toute dessiccation interne (LETREUCH, 1987)

I.2.4.5 Sylviculture :

Selon LEUTREUCH (1987), la régénération de l'Ornai se caractérise par ses pineraies sèches et qui ont épuisées par les incendies répétés, les surexploitations et le surpâturage, la reconstitution de ces peuplements nécessite une période transitoire pendant laquelle on appliquera un traitement

d'amélioration approprié : dépressage, nettoiements, éclaircies, reboisement des grandes vides...etc.
(**LETREUCH, 1987**)

I.2.4.6 La floraison :

Au printemps (avril – mai) unisexuée sur les pousses de l'année, les femelles bourgeons écailleux ovoïdes à l'extrémité des rameaux et les males formant des petits chatons chargés de pollen.
(**LETREUCH, 1987**)

I.3 Importance de la forêt du pin d'Alep :

I.3.1 Importance écologique :

Le pin d'Alep a un rôle écologique très important. Essence pionnière qui se régénère facilement, très frugale, elle est à peu près la seule espèce à pouvoir s'installer sur les stations chaudes, calcaires, au sol très dégradé. Elle joue donc un rôle essentiel dans la stratégie du forestier en contribuant et en ouvrant la voie à plus productives, mais aussi plus exigeantes, et notamment à des sapins méditerranéens testés sur des essais de provenances, gérés par l'INRA. (**BADEL, 1986**)

Mais ce rôle écologique important suffit-il à justifier les énormes moyens financiers, matériels et humains mis en œuvre par l'état et par les collectivités locales pour défendre la forêt contre l'incendie ? Probablement pas. (**BADEL, 1986**)

Le pin d'Alep génère des paysages de grande qualité. Il met une remarquable obstination à s'accrocher dans les falaises les plus ingrates. La grâce de son port, le vert tendre de son feuillage constituent une parure pour la blancheur éclatante des sites calcaires de Provence. (**BADEL, 1986**)

La valeur paysagère du pin d'Alep fonde une fonction sociale qui prend une importance croissante surtout dans les forêts périurbaines. La forêt est soumise à une demande sociale nouvelle : urbanisation, détente et randonnée, et se voit affectée d'une valeur patrimoniale sans cesse élargie. (**BADEL, 1986**)

Cette approche patrimoniale doit de plus en plus guider le forestier dans son action pour que la forêt de pin d'Alep puisse avoir sa place dans l'aménagement du territoire, à la mesure et au niveau des services qu'elle rend à la communauté nationale. (**BADEL, 1986**)

En Algérie, Selon (**LETREUCH, 1991**) le barrage vert elle est utilisée généralement dans des programmes de reboisement des sols dégradés « la grande muraille verte » qui devait constituer une large barrière forestière face au désert s'étend au niveau de l'Atlas saharien depuis la frontière

marocaine à l'ouest jusqu' à la frontière tunisienne à l'Est, sur une longueur de 1500km environ et une largeur de 20km, soit une superficie totale de 3.000.000ha. Les reboisements dans toutes les zones du barrage vert sont caractérisés par un recours quasi exclusif au pin d'Alep. (LETREUCH, 1991)

I.3.2 Importance économique :

Ecologiquement, *Pinus halepensis* est l'espèce forestière la plus importante dans de nombreux pays méditerranéens. Parmi les programmes de reboisement des sols dégradés figure la « ceinture verte » du sud algérien, où 1 million d'hectares de pins d'Alep ont été plantés il y a plus de 20 ans.

Son bois est utilisé dans la construction, l'industrie, la menuiserie, le bois et la pâte à papier pour soutenir les mines, la construction navale et la menuiserie. (BOUAZZA, 2013)

Les pins d'Alep fournissent environ 3 kg de résine (gemme) par arbre et par arbre. Il contient 20 à 24 % de térébenthine et 75 à 80 % de cellophane. Dont les propriétés médicinales sont précieuses. (BOUAZZA, 2013)

Ses bourgeons résineux sont utilisés comme baume et diurétique (sirop et pastille). Il est également extrait du bois par distillation du goudron norvégien, qui possède des propriétés balsamiques et antiseptiques. (BOUAZZA, 2013)

Les graines de pin sont comestibles et utilisées en pâtisserie et confiserie ou peuvent être mangées crues en cassant leur coque. (BOUAZZA, 2013)

I.4 Aire de répartition :

I.4.1 Dans le monde :

L'aire de répartition géographique du pin d'Alep se limite au bassin méditerranéen et occupe plus de 3,5 millions d'hectares. L'espèce domine les écosystèmes forestiers dans les zones semi-arides du bassin méditerranéen. En plus de son aire de répartition naturelle, cette espèce a été largement utilisée dans les projets et les programmes de boisements au cours du XX -ème siècle.

(BARBERO, 1992)

Les pays du Maghreb constituent la zone où il offre son plus grand développement puisqu'on le rencontre à peu près partout sur les massifs montagneux, à l'exception cependant du Maroc atlantique ainsi que des zones littorales du Tell constantinois et de Kroumirie. (BARBERO, 1992)

En Algérie et en Tunisie, le pin d'Alep est très fréquent sur tous les massifs montagneux, du Tell littoral à l'Atlas Saharien, et s'il a souvent été fort maltraité par l'homme il en reste néanmoins de vastes peuplements en Oranie (régions de Bel Abbès, Saida, Ouarsenis), dans l'Algérois (Medea-Boghar, Monts de Bibans, Monts des Ouled Nail), et dans le Constantinois (Aurès, région de Tébessa surtout). (**KADIK, 1983**)

En Tunisie c'est lui qui colonise essentiellement les monts de la dorsale tunisienne.

En Espagne il est bien développé sur les chaînes littorales de Catalogne, de la région de Valence et de Murcie ; par contre, il est moins fréquent en Andalousie. Vers l'intérieur il existe en colonies disjointes dans la haute vallée du Tage ainsi que sur tout le pourtour de la vallée de l'Ebre. Il est présent dans toutes les îles Baléares. (**BARBERO, 1992**)

En France, le pin d'Alep est assez peu répandu et épars à l'ouest du Rhône mais beaucoup plus fréquent en Provence. Il remonte dans la vallée du Rhône jusqu'aux environs de Montélimar. En Corse, il n'existe, avec une spontanéité douteuse, que dans la région de Saint-Florent. (**BARBERO, 1992**)

En Italie, le pin d'Alep n'est jamais abondant ; il observe çà et là, notamment dans le sud et en de rares localités de Sicile et de Sardaigne. Dans les Balkans, il est présent sur le littoral adriatique surtout au sud de Split et réapparaît en abondance en certaines zones de la péninsule hellénique notamment dans le Péloponnèse nord occidental, en Attique, en Eubée et en Chalcidique occidentale. (**BARBERO, 1992**)

Au Proche-Orient, sa présence en Turquie n'est certaine qu'au N.E. d'Adana

En Syrie, il constitue quelques boisements sur le revers occidental de la chaîne des Alaouites et se retrouve ensuite çà et là sur le littoral libanais. Il constitue enfin quelques peuplements relativement importants en Jordanie.

Pinus halepensis existe enfin en quelques localités de Cyrénaïque littorale. (**BARBERO, 1992**)



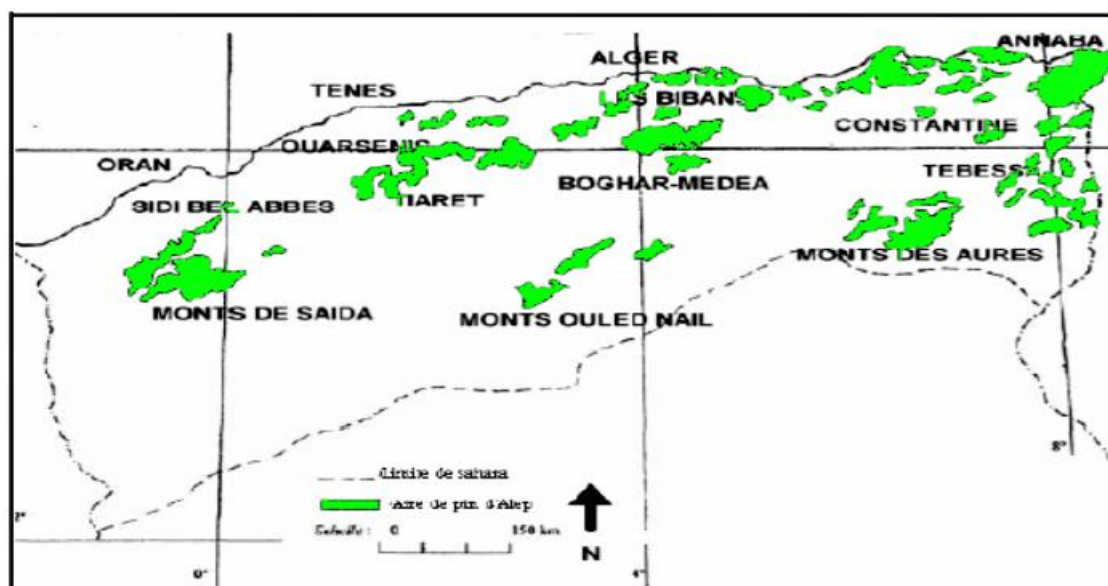
Carte 01 : L'aire de répartition du *Pinus halepensis* dans le monde (FAO, 2012)

I.4.2 En Algérie :

En Algérie, le pin d'Alep est commun dans toutes les montagnes du Tell littoral à l'Atlas saharien, et s'il est souvent maltraité par l'homme il en reste néanmoins de vastes peuplements en Oranie (région de Bel Abbès, Saïda, Ouarsenis), dans l'Algérois (Médéa, Boghar, Monts de Bibans, Monts des Ouled Nail) et dans le Constantinois (Aurès, surtout la région de Tébessa). (KADIK, 1983)

Le pin d'Alep occupe la première place du domaine forestier algérien avec un taux de couverture de 35%, couvrant une superficie de 852.000 hectares. (BOUDY, 1952)

SEIGUE (1985) donne une superficie de 855 000 hectares. MEZALI (2003) a donné le chiffre de 800 000 hectares dans un rapport du Forum des Nations Unies sur les forêts (FNUF). Il est présent dans toutes les variantes bioclimatiques et prédomine dans les étages semi-arides. Elle est partout, d'est en ouest, du niveau de la mer aux grands massifs montagneux de la côte de Tyr et de l'Atlas saharien. Sa malléabilité et sa ténacité lui confèrent une essence, avec une forte capacité d'expansion, entraînant la formation de vastes parcelles forestières. (BENTOUATIA, 2006).



Carte 02 : L'aire de répartition du *Pinus halepensis* en Algérie (Seigue, 1985).

I.4.3 Dans la wilaya de Naâma :

On trouve les peuplements naturels du pin d'Alep localisés à Djebel Aïssa (Ain Safra) constituent l'un des critères qui ont permis le classement de ce site en parc national en 2003 sur une superficie de 24.400 ha.

On trouve les peuplements artificiels du pin d'Alep localisés Auteur des villes (ceinture verte) et les bondes vertes le long de la route national numéro 6.

La forêt de Draa El Aoud situe dans une aire qui a fait l'objet de reboisement réalisé dans la partie nord de la commune de Mècheria.

Au pied de djebel Anter 8 kilomètre (Mècheria), d'une superficie de 1600 hectares.

I.5 Étude sur les principaux ravageurs du pin d'Alep :

I.5.1 La chenille processionnaire du pin :

La chenille processionnaire du pin possède des poils urticants microscopiques qu'elle libère dans les derniers stades larvaires. Ceux-ci sont très allergènes et peuvent provoquer de violentes réactions chez l'homme mais aussi chez les animaux domestiques (démangeaisons, problèmes respiratoires, ophtalmologiques, cardiaques, neurologiques, chocs anaphylactiques...) (DEMOLIN, 1967).



Figure 07 : Le nid de la chenille processionnaire du pin.

Badaoui et Ben aissa (2022)



Figure 08 : La chenille processionnaire du pin.

Badaoui et Ben aissa (2022)

I.5.1.1 Taxonomie de la chenille processionnaire :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Super-ordre : Endopterygota

Ordre : Lepidoptera

Famille : Notodontidae

Sous-famille : Thaumetopoeinae

Genre : *Thaumetopoea*

Espèce : *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermüller, 1775) (DJEHICHE & MENAR, 2019)

I.5.1.2 Les dégâts engendrés par la chenille processionnaire du pin :

La chenille processionnaire du pin est en effet l'un des principaux défoliateurs des peuplements résineux de la zone méditerranéenne.

Les conséquences directes de la défoliation sont l'affaiblissement et la perte décroissance des arbres, par diminution du pouvoir de photosynthèse.

Les chenilles ont donc une action néfaste sur la production et l'accroissement des arbres, mais pas directement sur la mortalité des pins.

Les arbres deviennent toutefois plus vulnérables aux ravageurs secondaires et aux stress thermiques et hydriques. (MARTIN & BRINQUIN, 2012)

Dans le massif landais au début des années 1990, plus de 10 000 hectares de pins maritimes ont en effet disparu, suite à une sécheresse prolongée à des défoliations massives dues à la chenille processionnaire du pin. Environ 20 000 ha de pin en Gironde sont également infestés par l'insecte. (BOUHOT & LEVEY, 1994)



Figure 09 : Les dégâts primaires, feuille jaune paille, sont visibles au début de l'activité des chenilles.

Badaoui et Ben aissa (2022)

Sur le plan humain, l'abondance des chenilles dans les milieux urbains, conduit à des urtications ou des allergies chez les personnes sensibles. Les soies urticantes peuvent, également, affecter sérieusement les animaux domestiques et le bétail. (SCHIFFERMULLER, 1775)

Ce qui peut causer principalement de sérieux problèmes respiratoires, ophtalmologiques, cardiaques et neurologique chez l'être infecté. (BOUHOT & LEVEY, 1990)

Elle est responsable de plusieurs dégâts forestiers. L'insecte est considéré comme nuisible pour les végétaux depuis le 31 juillet 2000. Dans les forêts, la présence des chenilles et leur grande propagation auraient même provoqué la migration de certaines espèces comme le gibier qui occupe la même niche écologique que l'insecte. (SCHNEIDER, 2003)

1.5.1.3 Cycle biologique de la chenille :

Le cycle de la processionnaire du pin a généralement lieu une fois par an, mais selon les conditions environnementales, il peut durer jusqu'à cinq ans (**figure 12**), Ce cycle est divisé en trois phases successives : (BELAOUNI, 2021)

- La phase adulte caractérisée par les papillons.
- La phase larvaire qui comprend cinq stades de chenilles différenciés (L1 à L5). (**Figure 13**)
- La phase nymphale qui correspond à la transformation des chenilles en chrysalides.

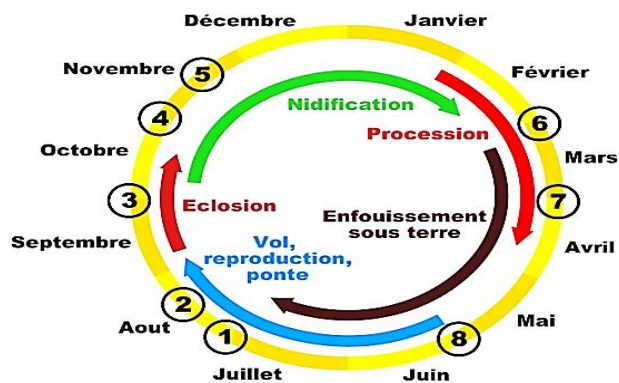


Figure 10 : le cycle biologique moyen de la chenille processionnaire (BOUHRAOUA, 2020).

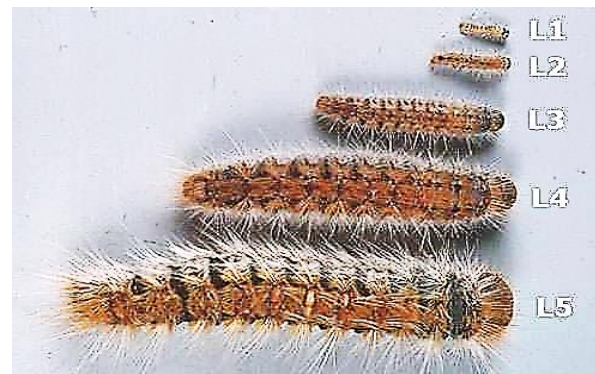


Figure 11 : les différents stades larvaires (Jean-Claude Martin, 2018)

I.5.2 Xylophage :

La famille des Scolytidae est représentée par une diversité de 12 espèces regroupées en 7 genres. Les scolytes sont connus pour être particulièrement dépendants du liège de leur propagation sur une base régulière. La plupart des scolytes peuvent coloniser des portions extensives d'arbres morts ou déperissant. Espèces appartenant à ce groupe d'insectes sont répartis dans l'arbre hôte de manière stratégique en fonction de leur morphologie, Surtout l'épaisseur de l'écorce et la taille du tronc et des rameaux. Espèces Des rendements relativement importants (5 à 8 mm) à la base de l'arbre, tandis que ceux De petite taille (2 à 3 mm) occupe la partie supérieure du tronc, le sommet est le plus petit et branches à écorce fine. (SCHOWALTER, 2006)

I.5.2.1 Taxonomie des Scolytidae :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Coléoptère

Famille : Curculionidae

Sous-famille : Scolytidae

Genre : *Tomicus*

Espèce : *Tomicus piniperda* (BELAOUNI , 2021)

I.5.2.2 Dégâts engendrés par les scolytes :

Les attaques des scolytes dans les peuplements forestiers résineux résultent de deux facteurs complémentaires, l'existence d'arbres affaiblis sous l'effet d'un stress et un certain niveau de population de ravageurs (**LIEUTIER & LEVIEUX, J, 1985**).

A l'état naturel, les scolytes sont considérés comme des ravageurs de faiblesse. Ils ne réussissent leur installation que sur des arbres déficients, les populations de ravageurs sont alors limitées, la densité d'attaque est réduite et les scolytes ne se multiplient que sur les arbres les moins résistants. Les populations sont naturellement limitées par la quantité de nourriture disponible (**LIEUTIER et al., 1988**).

En Algérie, *Tomicus piniperda* est responsable des dégâts aux niveaux des pousses des jeunes arbres. Cette activité nutritionnelle des jeunes adultes cause d'importants dégâts qui commencent à s'élargir dans les plantations de pin, réalisées depuis l'année 1970 dans le cadre du barrage vert. Les attaques des pousses sont supportables car elles se résument en un retard de la croissance qui, même si elles sont importantes, ne mettent pas en danger la vie de l'arbre (**LIEUTIER et PIOUS, 1988**).

Le deuxième type de dommage résulte des adultes femelles par la pratique des galeries maternelles élaborées entre l'écorce et le liber sur des arbres plus âgés. L'effet de groupe chez les populations de *Tomicus* entraîne le dépérissement des sujets attaqués. L'ampleur des pertes sylvicoles dépend essentiellement de l'état physiologique de peuplements soumis aux populations du ravageur. Il existe pour chaque arbre un seuil de densité d'attaque minimum pour assurer la réussite de l'installation des scolytes (**BERRYMAN, 1972**).

La répartition des scolytes diffère suivant l'espèce botanique considérée et leur distribution varie en fonction des diverses caractéristiques propres à chaque spécimen d'arbre (**BOUHOT, 1990**).



Figure 12 : Les Dégâts des scolytes. Badaoui et Ben aissa (2022)

I.6 Autres ravageurs et maladies du pin d'Alep :

I.6.1 Les cochenilles des aiguilles (*Leucaspis sp*) :

Ces insectes piqueurs-suceurs s'observent sur les aiguilles. Leurs pullulations, généralement observées en période sèche, ne causent que rarement des dégâts spectaculaires ; (BOUTTE & DURAND, 2012)

I.6.2 La tordeuse des pousses (*Rhyacionia buoliana*) :

Les attaques les plus spectaculaires de ce lépidoptère, non spécifique du pin d'Alep, s'observent sur les peuplements affaiblis par des dessèchements de rameaux en cime des arbres. (BOUTTE & DURAND, 2012)

I.6.3 L'hylésine destructeur (*Tomicus destruens*) :

Coléoptère sous-cortical de 4 à 6 mm de longueur, est un ravageur de faiblesse qui peut devenir épidémique sur les pins suite à des chablis ou des périodes de sécheresses successives. Insecte méditerranéen et atlantique de plaine, c'est un des rares scolytes au développement larvaire hivernal (à partir de 6°C).

Il entraîne la mortalité des arbres atteints de manière isolée ou sous forme de petits foyers visibles au cours de l'hiver et au printemps ainsi que le rougissement apical des pousses en été (forage des adultes). (BOUTTE & DURAND, 2012)

I.6.4 La cicadelle des aiguilles des pins (*Haematoloma dorsata*) :

Cet homoptère piqueur-suceur de 7 à 8 mm de long, aux élytres rouges avec 3 taches noires, effectue des piqûres alimentaires sur les aiguilles provoquant leur changement de coloration. Sur les aiguilles roussies, des plages brunâtres très discrètes sont visibles correspondant à ces piqûres alimentaires. Les dégâts ont lieu avant l'apparition de la pousse de l'année, celle-ci n'est donc pas atteinte. La perte foliaire occasionnée, spectaculaire les années de fortes attaques, ne remet pas en cause la pérennité des arbres, elle constitue, tout au plus, un facteur d'affaiblissement. Lorsque le feuillage est entièrement roux, l'impact est essentiellement paysager. (BOUTTE & DURAND, 2012)

I.6.5 La maladie chancreuse des rameaux (*Cronartium flaccidum*) :

Est à l'origine de nécroses sur les rameaux qui provoquent le rougissement et la chute des aiguilles par bouquets puis le dessèchement progressif des rameaux. Les arbres atteints présentent un feuillage anormalement rougeâtre, clairsemé et de nombreux rameaux morts. Son développement

est lié à la pluviosité importante en été et en automne qui favorise la phase de contamination du champignon. C'est une des principales causes du déficit foliaire des houppiers de pin d'Alep, notamment dans les situations les plus humides de la zone méditerranéenne. Malgré des fortes attaques observées certaines années, des cas de mortalité restent rares et limités à des sujets dominés, des semis ou à des plants. (BOUTTE & DURAND, 2012)

I.6.6 Le fomes (*Heterobasidion annosum*) :

Ce champignon apparait généralement dans les peuplements affaiblis par la sécheresse ou blessés par la grêle. Cet agent de dessèchement est souvent observé sur des rameaux desséchés. Il est souvent associé à *Crumenulopsis sororia* et à *Sclerophoma pithyophila* sur des arbres dépérissants. (BOUTTE & DURAND, 2012)

Chapitre II

Description de la région d'étude

I. Généralité sur la région d'étude de Naâma :

Le terme steppe évoque immenses étendues plus ou moins arides, à relief peu accusé. Les steppes du Nord de l'Afrique, situées entre les isohyètes annuelles de 100 à 400 mm couvrant plus de 63 millions d'hectares exploités par les humains très anciens ; La vocation historique des steppes était dominée par un élevage extensif de caprin ; d'ovin et de dromadaires complété par la culture itinérante des céréales. Actuellement, le constat majeur est celui d'une réduction de la superficie de ces steppes et de leur dégradation parfois extrême. Des changements particulièrement rapides et intenses se produisent dans ces milieux croissance démographique reflétée dans les cultures ; changement de politique pratique de gestion et d'élevage ; toutes deux plus ou moins exacerbées par des sécheresses périodiques graves et persistants. (ZAIR, 2011)

D'après (ZAIR, 2011) En Algérie, les parcours steppiques couvrent plus de 20 millions d'hectares Géographiquement, ils sont limités au nord par l'Atlas tellien et au sud par l'Atlas saharien. Sur les 238.174.100 ha du territoire national, il existe environ :

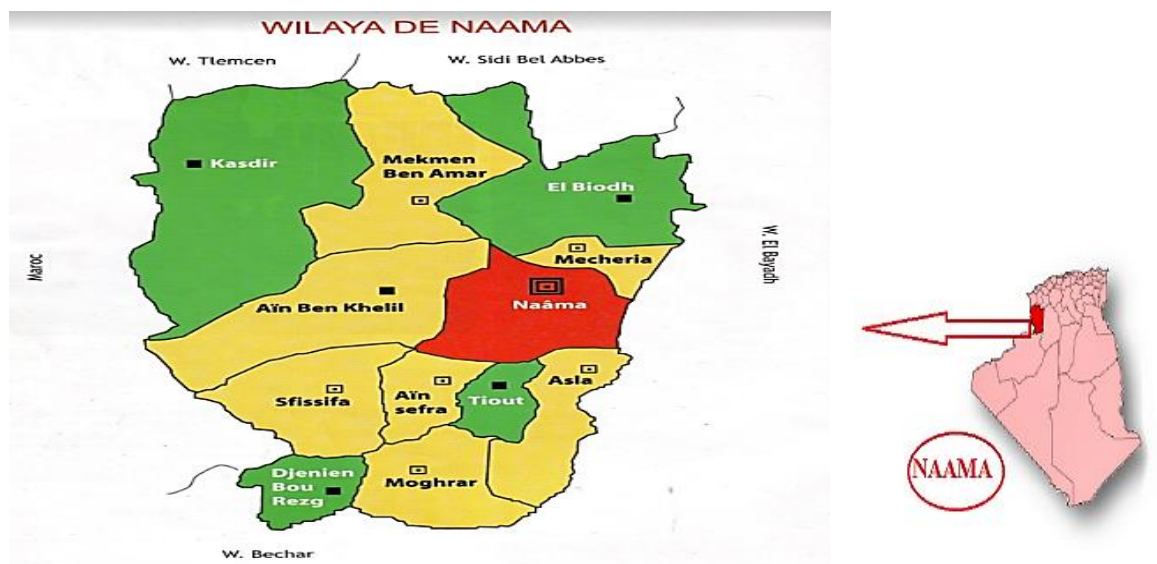
- 200 millions d'hectares de désert.
- 20 millions d'hectares de parcours.
- 5 millions d'hectares de forêts et de maquis.
- 7.5 millions d'hectares de surface agricole utile.

La wilaya de Naâma, à l'instar des wilayas steppiques, connaît la même situation. Les 74 % du territoire de la wilaya qui est des terrains de parcours se trouvent exposés au phénomène de la désertification qui ne cesse de s'aggraver. Nous essayons, ci-après, de mettre en exergue les aspects édaphiques, climatiques et floristiques qui caractérisent cette région steppique. (ZAIR, 2011)

I.1 Présentation de la région de Naâma :

I.1.1 Organisation administrative :

La wilaya de Naâma est issue de découpage administrative institué par la loi 84-09 du 4 avril 1984, elle se compose de 7 daïras regroupant 12 communes ; vaste territoire à faible densité elle se situe entre l'atlas saharien et l'atlas Tallien et s'étend sur une superficie de 29.819.30 Km pour une population estimé au 31/12/2021 à 303.843 habitants ; soit une densité de 10.19 habitant/km. (DPSB, 2021)



Carte 03 : la répartition des communes de la wilaya de Naâma (DPSB, 2021)

Le tableau suivant représente la répartition des dairates et des communes de la wilaya de Nâama qui montre la superficie et la densité de population **Tableau 01**.

Tableau 01 : Répartition des dairates et des communes de la wilaya de Nâama au 31/12/2021

Dairates	Communes	Population	Superficie km ₂	Densité de population
Naâma	Naâma	28 753	2 525 ,93	11,38
Mècheria	Mècheria	106 666	750,12	142,20
	Ain-ben-khelil	14 072	3 800,03	3,70
	El-Biodh	12 012	3 728,18	3,22
Ain-Safra	Ain-Safra	79 758	1 004,94	79,37
	Tiout	7 296	851,10	8,57
Sfissifa	Sfissifa	7 704	2 438,61	3,16
Moghrar	Moghrar	4 791	1 746,26	2,74
	Djenien-bourzeg	4 709	1 193,19	3,95
Asla	Asla	11 884	2 069,00	5,74
Mekmen-ben-Amar	Mekmen-ben-Amar	11 151	3 325,48	3,35
	Kasdir	7 801	6 386,46	1,22
Totale		296 597	29 819,30	9,95

Source : DPSB 2021

I.1.2 Situation géographique de la wilaya de Naâma :

Naâma wilaya frontalière avec le royaume du Maroc ; est limitée par :

- Au Nord par les wilayat de Tlemcen et Sidi-Bel-Abbès.
- Au Sud par la wilaya de Bèchar.
- A l'Est par la wilaya d'El Bayadh.
- A l'Ouest par la frontière algéro-marocaine. **(DPSB, 2021)**

La wilaya de Naâma :

32°08'45" et 34°22'13" de latitude Nord

0°36'45" et 0°46'05" de longitude Ouest

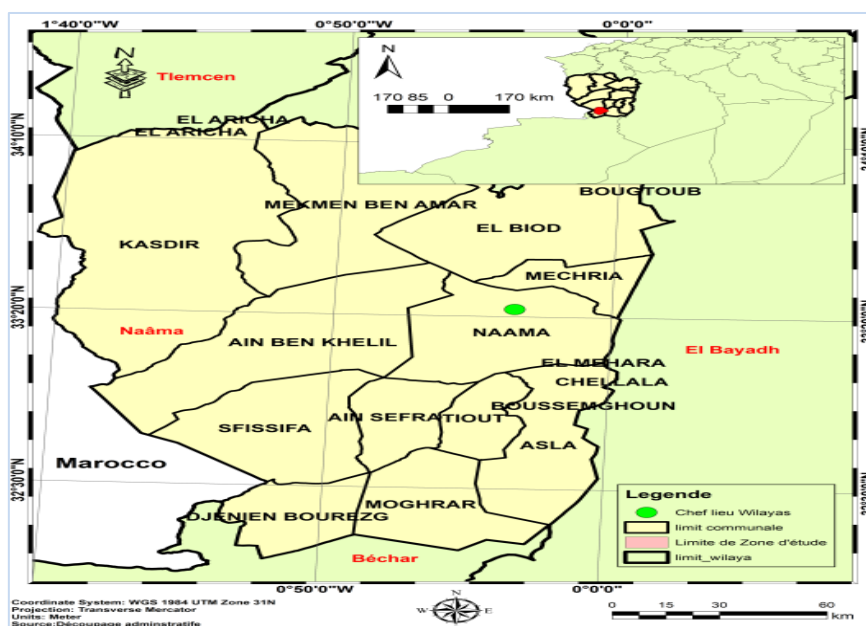
La zone d'étude : est localisée dans la wilaya de Naâma, la partie occidentale du Sud-ouest algérien.

Nord-Ouest : Latitude 34° 20' 00" N ; Longitude 1°45' 00" W

Nord-Est : Latitude 34°20' 00" N ; Longitude 0°10' 00" W

Sud-Est : Latitude 31°10' 00" N ; Longitude 0°10' 00" W

Sud-Ouest : Latitude 31°10' 00" N ; Longitude 1°45' 00" W **(MEBKHOUTI, 2020)**



Carte 04 : Situation géographique de la wilaya de Naâma (ArcGIS)

I.1.3 Paysage géographique :

Le territoire de la wilaya de Naâma se caractérise par trois grandes espaces géographiques qui sont :

- 1- Une zone Nord steppique plane représentant 74 pourcents de la superficie totale de la wilaya de Naâma soit 22.066 Km.
- 2- Une zone de montagneuse occupant 12 pourcents du territoire de la wilaya de Naâma soit 3 578 Km ; et faisant partie de l'Atlas saharien.
- 3- Une zone Sud présaharienne qui s'étend sur les 14 pourcents restants de la wilaya de Naâma soit 4 175 Km. (DPSB, 2021)

Ces grands ensembles se caractérisent par des activités différenciées :

- Au nord, une zone de hautes plaines (3/4du territoire) : domaine privilégié des parcours steppiques, nécessaires au pâturage et à l'alimentation d'un cheptel ovin et caprin (et, à moindre degré, camelin) assez important « haut plateaux ». (SALHI, 2011)
- Une zone montagneuse localisée dans la région sud-ouest atteignant les 2000 mètres d'altitude et occupant 12 % du territoire de la wilaya. Il s'agit d'une partie des monts des Ksour et des piémonts de l'Atlas Saharien. Elle est caractérisée par une agriculture de type oasisien. (BENSAID, 2006) . Avec une phénicien-culture localisé parallèlement à l'activité de transhumance d'hiver. (DPSB, 2021)

I.2 Cadre géologique :

Selon l'étude portant plan d'aménagement du territoire de la wilaya de Naâma, réalisée par Centre nationale d'étude et d'analyse pour la population et le développement (CENEAP, 2009), à l'indicatif de la direction de l'environnement, sur les plans stratigraphique et structural, la wilaya de Naâma est divisée en 2 ensembles distincts :

I.2.1 La zone des hautes plaines :

Sont formées par un matériel sédimentaire du mésozoïque transgressif, sur un socle primaire qui affleure à la faveur de cassures :

- a. **Trias** : se présente sous un faciès argileux violacé, verdâtre, riche en gypse fibreux, en haute et en cristaux de quartz. Ces dépôts sont parfois associés à des roches volcaniques (dolérites) dans lesquelles s'intercalent des niveaux carbonatés (Haddouche, 2009).

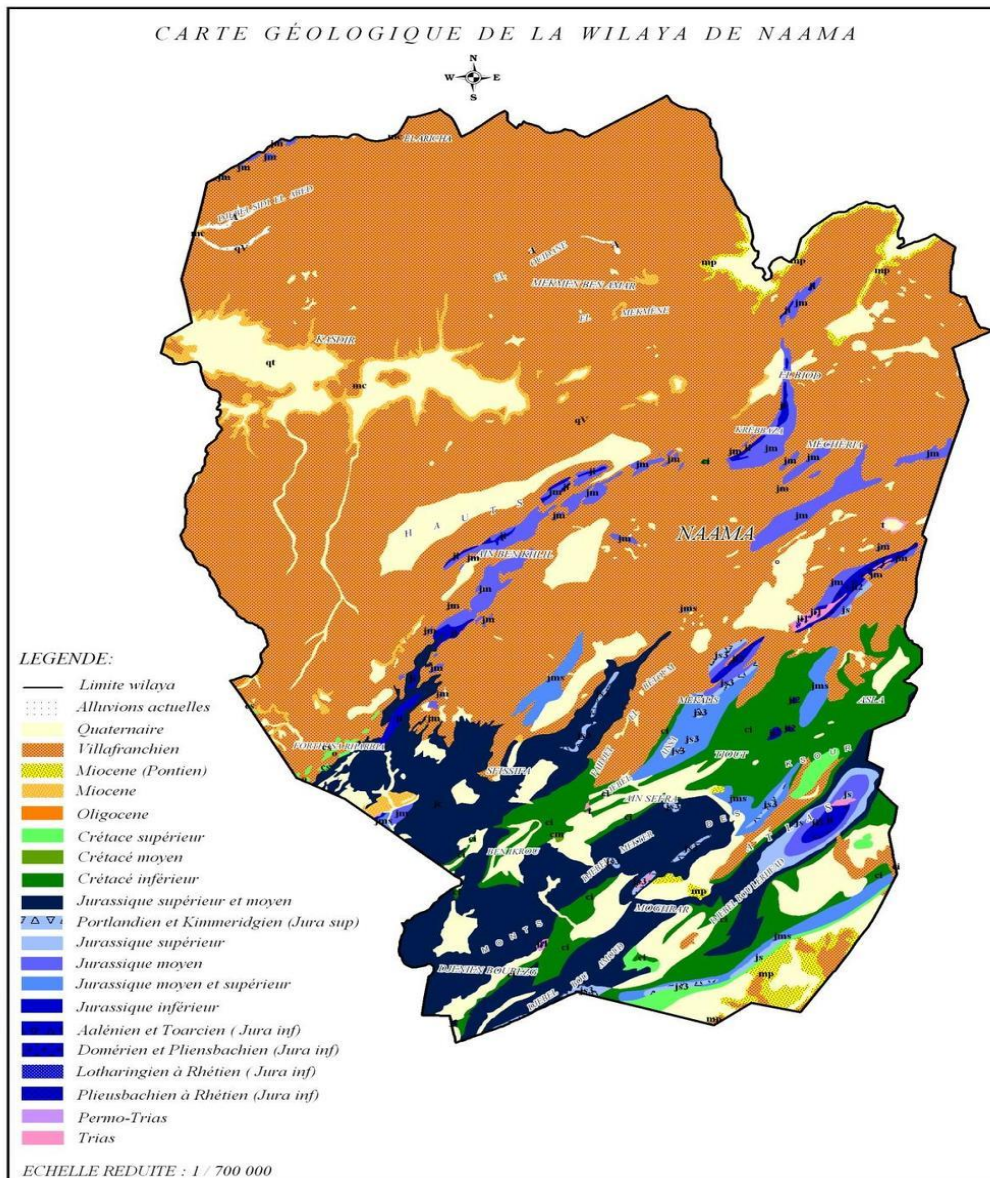
- b. Jurassique** : la série est composée d'un Lias inférieur et moyen essentiellement carbonaté, suivi d'un Lias supérieur formé de mairies rouges à passées dolomitiques, il occupe les reliefs des hautes plaines tels que le Djebel Antar, djebel Amrag et Djebel Hafid, Djebel Souigua, djebel Melah. Par ailleurs, les dépôts du Dogger et du Malin sont représentés principalement par des dolomies ; **(Haddouche, 2009)**
- c. Quaternaire** : les dépôts du Quaternaire correspondent généralement à des alluvions anciennes des oueds (galet + sable + limons anciens), d'apports Alluvions récentes (sable + argiles), Calcaire lacustre, d'apports éoliens comme des accumulations sous forme de dunes de sable (au Nord-Ouest du Djebel Antar, à l'Est du Djebel Amrag, au Sud-Ouest de sebkha en Naâma). Cet espace steppique à topographie monotone constituant l'essentiel des terrains de parcours, destiné essentiellement au pastoralisme, se sont trouvées à la limite de deux socles, de l'Atlas tellien, d'une part, et de l'Atlas saharien d'autre part. Il regroupe la zone d'étude de Mécheria, El Biodh, Naâma. **(Haddouche, 2009)**

I.2.2 La zone d'Atlas Saharien :

L'analyse structurale a permis de faire ressortir les grands traits géologiques, particulièrement les structures synclinales, formant de vastes plaines, comblées par des formations continentales du Crétacé inférieur et qui sont le siège des grands écoulements d'eau. Sur le plan stratigraphique, deux grandes formations du secondaire affleurent : le jurassique au niveau des anticlinaux et le Crétacé au niveau des synclinaux. Quant aux autres formations, on citera particulièrement : **(Hamidi, 2014)**.

- Le miocène continental dans la partie Nord-Ouest du Djebel Talrhemt
- Le miopliocène n'est présent que dans la partie Sud de la région et quelques plaques le long de l'Oued El Rhouiba ;
- Le Quaternaire couvre toutes les parties bases ;
- La dépression située entre Ain sefra et Mécheria limitée au Nord-Ouest par un alignement de petit Djebel (Djebel Gaaloui, Djebel El Arar, Djebel Kerrouch, Djebel Bou Rhenissa, Djebel Guetob El Hamara...ect.) dont les formations sont jurassiques, est occupée par des dépôts continentaux du pliocène et quaternaire.

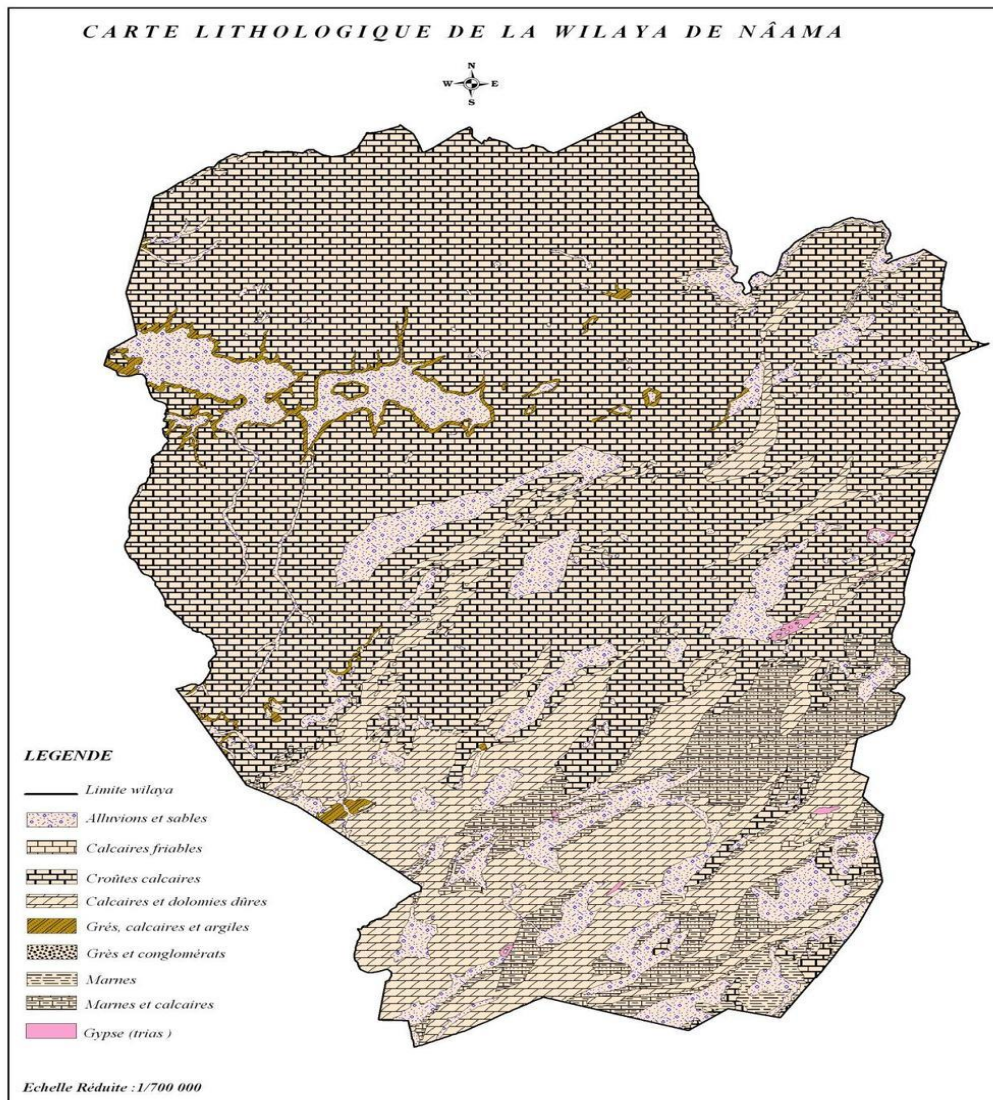
Les formations sédimentaires qui constituent les monts de l'Atlas saharien s'échelonnent du Trias au Cénozoïque avec des affleurements essentiellement du Jurassique et du Crétacé **(M.A.T.E.,2015)**.



Carte 05 : Géologique de la Wilaya de Naâma (CENEAP, 2009)

I.3 Cadre pédologique :

En termes de lithologie, la carte lithologique du **carte 06** montre que la répartition spatiale des différentes strates rencontrées est corrélée caractéristiques morphologiques avec le territoire de toute la région du hautes plaine (territoire de la ville de Mècheria), connue pour sa croûte Calcaire, parsemé d'alluvions. Les couches alluviales sont principalement rencontrées dans les dépressions (chotts et dayas) (MEBKHOUTI., 2020).



Carte 06 : Lithologique de la wilaya de Naâma (CENEAP, 2009)

Tous les faciès représentés sur la **carte 07** sont des formations très sensibles à l'érosion, que ce soit l'eau ou le vent. De plus, compte tenu de la force des vents violents dans les régions, les processus d'érosion s'intensifient à mesure que le couvert végétal se dégrade. Les aspects pédologiques (**carte 07**) permettent de faire la corrélation entre la nature des sols avec les unités géomorphologiques. En effet, nous distinguons :

I.3.1 Sols calcimagnésiques :

Ils occupent la majorité de la surface lithologique de la région de Naâma. Cette classe est représentée par plusieurs types de sols : (rendzines ; Sols bruns calcaires et sols bruns calciques ; Sols à encroûtement gypseux) : (TALBI, 2019)

a. Rendzines :

Ils sont localisés sur les versants des djebels. Ils sont peu épais, de texture grumeleuse avec une faible teneur en matière organique.

b. Sols bruns calcaires et sols bruns calciques :

Ils sont répartis sur les glacis du Quaternaire ancien et moyen, et dont la profondeur est généralement comprise entre 10 et 30 cm.

c. Sols à encroûtement gypseux :

Ils sont localisés dans les glacis de raccordement et zones de blocage.

I.3.2 Sols minéraux bruts :

Ils sont représentés par 03 catégories (Sols minéraux bruts d'érosion, Sols minéraux bruts d'apport alluvial ; Sols minéraux bruts d'apport éolien) (TALBI, 2019)

a. Sols minéraux bruts d'érosion :

Ils sont situés sur de fortes pentes où les couches superficielles sont constamment entraînées empêchant ainsi la formation du sol. Le couvert végétal est très peu significatif avec toutefois quelques reliques de chêne vert (*Quercus ilex*) et de genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*).

b. Sols minéraux bruts d'apport alluvial :

Ils se rencontrent au niveau des oueds importants. Ils présentent une texture sableuse, une forte charge caillouteuse et leur profondeur est variable.

c. Sols minéraux bruts d'apport éolien :

Ils sont constitués de sable et de dunes plus au moins mobiles. Ces sols sont occupés par une végétation psammophile à *Aristida Pungens* et *Arthrophytum Scoparium*.

I.3.3 Sols peu évolués :

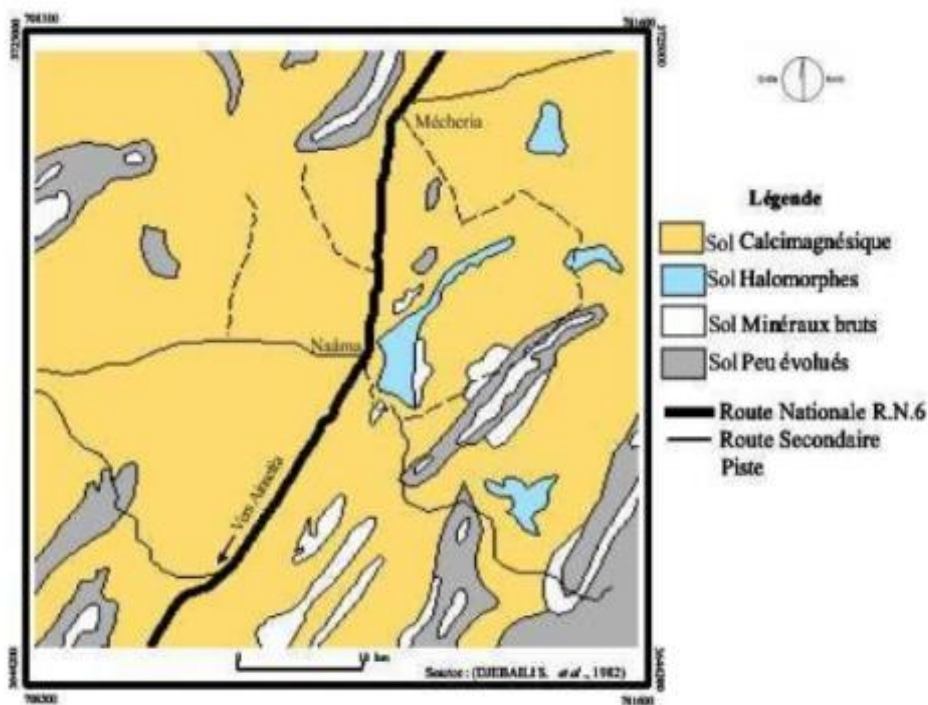
La classe de sols peu évolués est composée par :

- Les sols peu évolués d'érosion sur roche mère dure (calcaire et gré) ou tendre (marnes), présentant une proportion élevée d'éléments grossiers, une forte charge caillouteuse et un faible taux de matière organique (<2%) ;

- Les sols peu évolués d'apport alluvial occupent particulièrement les zones basses (zone d'épandage, daïa, chenaux d'oued). Ces sols représentent la majeure partie des terres mises en culture. (MEBKHOUTI., 2020).

I.3.4 Sols halomorphes :

Ils se localisent au niveau des zones de dépressions (Chott et sebkha) et des zones d'épandage des principaux oueds. Ces sols se développent sur des matériaux alluviaux à texture Sablo-limoneuse, et ils se répartissent en auréoles autour des chotts et des sebkhas et en bas des glacis. Leur couvert végétal bien qu'homogène dans l'ensemble varie selon leur degré de salinité et leur taux d'humidité. Quand la salure est trop importante la végétation se compose d'espèces hipe r-halophytes (*Halcnemum strobilaceum*). Toutefois, lorsque cette salure diminue on rencontre un couvert végétal halophyte qui se compose de (*Salsola Vermiculata*, *Attriplex Halimus* et *Suaeda fruticosa*). (BRAHIMI, 2015)



Carte 07 : Extrait de la carte pédologique de la wilaya de Naâma - région centre (DJEBAÏLI et al, 1982)

I.4 Cadre hydrographique et hydrogéologique :

Le réseau hydrographique et les écoulements conditionnés par la structure du relief.

I.4.1 La zone des hautes plaines steppiques :

S'inscrit dans l'aire géographique du grand bassin versant du chott Chergui. Il présente un réseau hydrographique peu développé ; elle se caractérise par une topographie relativement plane et parsemée de dépressions (Chott Gharbi, dépression de Naâma), ce qui est à l'origine du caractère endoréique de ces oueds.

Ces derniers sont à écoulement diffus et intermittents. Ils prennent naissance en général sur les reliefs de l'atlas saharien et terminent leur course dans la plaine au niveau des dépressions :

- Chott El Gharbi à l'Ouest.
- Chott Chergui au Nord –Est.
- La Sebkhha de Naâma au Sud –Est. (MEKKI, 2016)

I.4.2 La zone des Mont des Ksour et de l'espace présaharien :

Cette zone présente un réseau hydrographique plus important, plus dense et plus hiérarchisé que celui de la zone nord. Parmi les principaux oueds de la zone, on cite :

- Les oueds Sfisifa et Bénikou, qui drainent les djebels M'zi et Mekter.
- L'Oued Tirkount qui draine les djebels Morghad et Aissa.
- Les oueds Breidj et Mouilah, qui draine les écoulements des monts des Ksour et qui se joignent au niveau de l'agglomération de Ain Safra, pour donner naissance à l'oued portant le nom de la ville, qui constitue plus au sud, vers l'Erg occidental, la zone d'épandage des eaux des Monts des Ksour qui parviennent à la plaine présaharienne. (BRAHIMI, 2015)
- L'oued Rhouiba
- L'Oued Namous Les ressources en eau souterraine de la Wilaya de Naâma proviennent de 4 systèmes aquifères dont la formation a favorisé le contexte géologique.
 - La nappe du Chott Gharbi
 - La nappe du Chott Chergui exploitée au profit de quatre wilayas : Naâma, El Bayadh, Saida, et Tiaret
 - La nappe synclinale d'Ain Safra
 - La nappe synclinale de Naâma (BRAHIMI, 2015)

I.5 Richesse floristique :

La végétation joue un rôle fondamental dans la structure et le fonctionnement de l'écosystème dont elle constitue une expression du potentiel biologique. Cependant, le couvert végétal naturel y

est soumis à un double stress édapho-climatique d'une part et anthropogène d'autre part. (T. BOUCHETATA et A. BOUCHETATA, 2005).

Si nous recueillons sur la zone d'étude l'espace agricole à côté des forêts et des terrains improductifs, il s'avère qu'il y a environ 07 millions d'hectares qui s'agissent à la végétation naturelle. La steppe sud Oranaise est dominée par les formations végétales suivantes :

- *Stipa tenacissima* (Alfa) : c'est une plante pérenne qui joue un rôle majeur dans la protection des petites herbes et les aide à croître et à se développer et s'adapte à la quantité de précipitation et de sol pauvre à condition qu'il n'a pas salé ou humide. Sa distribution par hectare sera de 2444 à 7444 bouquets en état normal tout en diminuant dans les zones sèches et dégradées à moins de 7444 bouquets par hectare, Elle pousse généralement sur un sol caillouteux et un sol marne elle résiste à la dérive et a l'érosion et aide également à maintenir le sol ensemble en particulier avec ses racines sophistiquées. Les steppes à alfa couvrent 4 millions d'hectares sur les Hauts-Plateaux de la frontière marocaine à la frontière tunisienne ; à l'ouest, elle déborde jusque dans le Tell, atteignant le littoral ; au centre, elle couvre quelques milliers d'hectares dans le Sahara.
- *Lygeum spartum* (Sengha) : C'est une plante qui pousse dans les zones d'Alfa et parfois est inhérent à eux, elle est caractérisée par son adaptation extrême au développement de la zone de steppes, en particulier les zones de Dayas, en particulier "Mècheria, el Bayadh, Bougtob", ainsi que la partie sud de "el Khaitar".

En plus de ces plantes herbacées des steppes, la région pousse de courts arbustes, notamment :

- *Atriplex* (*Atriplex salsola tetrandra*).
- Le jujubier (*Ziziphus lotus*).
- Le gommier (*Acacia radiana*).

Tableau 02 : Répartition des forêts par commune

Communes	Superficie		Nbre de grades forestiers	Nbre d'has de forêts 1 garde forestier (*)	Espèces (arbres)
	Total (has)	Dont : maquis (has)			
Naâma	5 319	5 008,5	10	531,9	Pin d'Alep /cyprès Eucalyptus/Tamarix Genévrier/chêne vert
Mècheria	9 069	7203,4	10	906,9	
Ain-Safra	30 560,7	30 473,3	3	101 186,9	
Tiout	8 500	8 400	0	0	Pin d'Alep/Genévrier Chêne vert/autre
Sfissifa	22 850	22 850	1	22 850	Tamarix/Genévrier Chêne vert/autre
Moghrar	0	0	1	0	/
Asla	0	0	1	0	/
Djenien-bourzeg	14 800	14 800	0	0	Genévrier/ Chêne vert/autre
Ain-ben-khelil	38 310	38 250	5	7 662	Pin d'Alep / /Tamarix Genévrier/chêne vert/ autre
Mekmen-ben-Amar	495	412	3	165	Pin d'Alep /cyprès Eucalyptus/Tamarix /autre
Kasdir	222,1	191,6	1	222,1	Pin d'Alep /cyprès Eucalyptus/Tamarix /autre
El-Biodh	7 884	7 414	4	1 971	Pin d'Alep /cyprès Eucalyptus/Tamarix /autre
Total	138 009,80	135 002,80	39	3 538,71	

Source : conservation des forêts 2020

N.B : (*) Le Nbre d'hectares de forêts/1 garde forestier = Superficie totale des forêts/Nbre total des gardes forestiers

Tableau 03 : Répartition de la superficie forestière (Ha) par espèce

Communes	Pin d'Alep	Cyprès	Eucalyptus	Tamarix	Genévrier	Chêne vert	Autre (*)	Totale
Naâma	310,5	98,5	70,0	2 045	250	150	2 395	5 319
Mècheria	1 866	37,6	55,5	220,3	2 900	100	3 890	9 069
Ain-Sefra	87	1,4	7,4	1 198,5	2 040	1 020	26 206	30 561
Tiout	100	00	00	0	480	240	7 680	8 500
Sfissifa	0	00	00	50	1 840	920	20 040	22 850
Moghrar	0	00	00	0	0	0	0	0
Asla	0	00	00	0	0	0	0	0
Djenien-bourzeg	0	00	00	0	1 500	750	12 550	14 800
Ain-ben-khelil	60	00	00	2 078	3 8000	2 500	29 872	38 310
Makmen-ben-amar	83	14	8,0	390	0	0	0	495
Kasdir	31	30,5	24,5	118	0	0	18	222
El-Biodh	470	84,0	28,0	1 981	0	0	5 321	7 884
Total	3 007,0	266,0	193 ,4	8 081,1	12 810,0	5 680,0	107 972,3	138 0098

Source : conservation des forêts 2020

(*) : Autre = pistachier d'atlas, tamarix aphyllé, Romarin, Drinn, sparth, A triplex, Alfa de montagne.

N, B : Le rétame ne considérer pas comme un arbre forestier, c'est pour cela la superficie forestière a diminué de 258 303,8 ha a 138 009,8 ha par rapport de l'année 2019

II. L'Etude bioclimatique :

D'après (THINTHOIN ,1948) Le climat est un facteur déterminant de premier ordre pour une approche du milieu. C'est un ensemble de phénomènes météorologiques qui sont principalement la température, les précipitations et les vents. Le climat se place en amont de toute étude relative au fonctionnement des écosystèmes écologiques. (THINTHOIN, 1948)

C'est un facteur déterminant pour le développement des plantes de la formation et de l'évolution des sols, agit aussi à tous les stades du développement des oiseaux en limitant l'habitat de l'espèce (BOURLIERE, 1950) Selon (BELGHERBI ,2002) Le climat méditerranéen est caractérisé par deux points importants (BRAHIMI, 2015)

- Un régime pluviométrique, plus ou moins régulier avec un maximum en hiver et un minimum en été. Les précipitations sont inversement proportionnelles aux températures,
- Un été sec, avec des pluies qui se font rares pendant 04 à 06 mois en Afrique du Nord D'après SELTZER (1946) le climat de l'Algérie est de type méditerranéen caractérisé par une période pluvieuse allant en moyenne de mois de Septembre à mois de Mai et un été sec et ensoleillé. (SELZER, 1946)

II.1 Méthodologie :

Dans le but de bien définir le climat de la zone d'étude en exploitant des données climatiques de la période (1991-2021), INFO CLIMAT, 2022 et analyser tous les facteurs climatiques nécessaires (température, précipitation, vents) à l'aide de des quotients et des indices et des quotients.

II.2 Les paramètres climatiques :

II.2.1 Précipitation :

Les précipitations sont résumées comme la source d'eau dans une zone et le maintien de l'humidité environnementale. Grâce aux précipitations, la végétation peut s'épanouir et avec elle le reste de la chaîne alimentaire. Les précipitations ont lieu en fonction des températures, de la quantité de rayonnement solaire, de la couverture nuageuse, de la pression atmosphérique, etc. Comme on peut le voir, il n'y a pas de facteur climatique qui ne soit conditionné par un autre. (BRAHIMI, 2015)

Tableau 04 : les principales caractéristiques de la station de référence

Caractéristiques de la Station	Altitude (m)	Latitude	Longitude
Naâma	1166	33° 16' N	00° 18' W

Source : INFO CLIMAT, 2022

Tableau 05 : répartition moyenne mensuelle des précipitations (mm) durant la période (1991-2021)

Station	Précipitations moyennes mensuelle des (mm)											
	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
Naâma (1991-2021)	11.2	11.0	21.6	28.8	16.8	13.6	6.6	19.7	22.9	27.6	22.0	13.9

Source : INFO CLIMAT, 2022

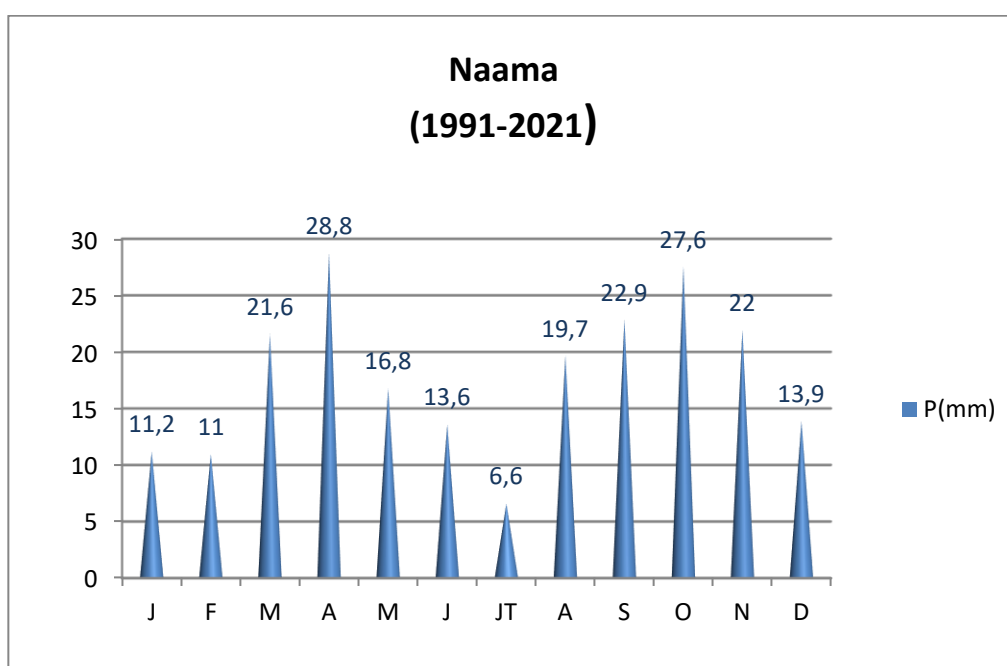


Figure 13 : diagramme présentatif des répartitions des moyennes mensuelles des précipitations (1991-2021)

D'après le tableau 05 ci-dessus, on remarque pour la station de Nâama que le minimum pluviométrique apparaît en Juillet avec 6.6 mm alors que le maximum en Avril avec 28.8 mm

II.2.1.1 Régime saisonnier :

Le régime saisonnier est la répartition de la hauteur des précipitations annuelles entre les différentes périodes le plus souvent entre les mois de l'année. Selon **CHAABANE (1993)**, le régime saisonnier permet de classer les saisons par ordre de pluviosité décroissante on se basant sur les critères suivants :

A : Automne : Septembre, Octobre, Novembre : 72 ,5

H : Hiver : Décembre, Janvier, Février. 36.2

P : Printemps : Mars, Avril, Mai 67

E : Eté : Juin, Juillet, Août 40.02

Régime saisonnier des précipitations (1991-2021) : APEH

Tableau 06 : régime saisonnier des précipitations au niveau du territoire Naâma

Station	Eté	Automne	Hiver	printemps	Régime
Nâama (1991-2021)	40.02	72.5	36.2	67	APEH

II.2.2 Température :

DREUX (1980) considéré que la température est la plus importante encore ; il doit d'abord vérifier ses actions sur l'écologie et sur les êtres vivants. Selon (**DAJOZ, 2002**) en tout chez les insectes la température affecte la vitesse de développement. La température est un facteur climatique secondaire qui influe sur le développement de la végétation ; Ce sont les températures extrêmes plus que les moyennes qui ont une influence sur la végétation ; sauf si elles sont exceptionnelles de courte durée **GRECO (1966)**.

Tableau 07 : valeurs moyenne mensuelles de la température

Station		J	F	M	A	M	J	JT	AT	S	O	N	D
Nâama (1991-2021)	MIN(°C)	0.5	1.7	3.5	6.5	10.1	14.1	17.1	17.03	13.9	9.11	4.9	1.7
	MAX(°C)	10.3	11	11.30	17.8	24.3	27.7	30.0	30.3	24.3	19.7	14.2	10.7
	MOY(°C)	6,9	8,3	11.5	15.4	20.1	25.3	29,4	28.2	23.4	17.9	11,0	7,7

Source : INFO CLIMAT, 2022

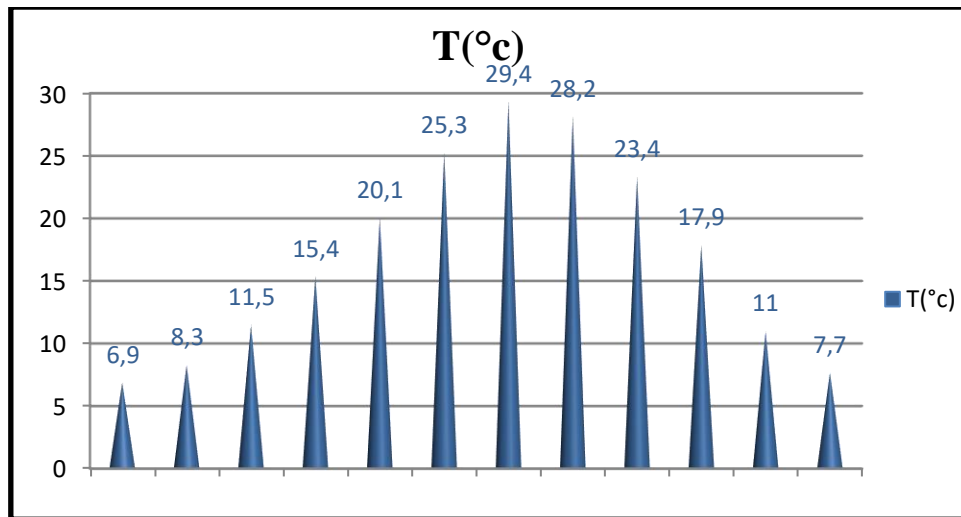


Figure 14 : diagramme présentatif des répartitions des moyennes mensuelles des températures (1991-2021)

L'analyse du **tableau 07** fait ressortir que Les températures moyennes les plus basses se situent au mois de Janvier (0.5), tandis que les moyennes les plus élevées se situent en mois de Août (30.3).

II.3 Synthèse bioclimatique :

Les facteurs climatiques n'ont une véritable indépendance ni en Météorologie, ni en écologie (SAUVAGE, 1960). D'où l'intérêt de formules climatiques proposées par les auteurs pour une étude synthétique du climat recherchant une classification des types de climat qui puisse rendre compte au mieux le comportement de la végétation et des animaux. La synthèse climatique met en évidence les caractéristiques du climat méditerranéen permettant ainsi une délimitation des différents étages de la végétation (DAHMANI, 1997)

II.3.1 L'amplitude thermique moyenne et indice de continentalité :

La classification thermique des climats proposée par **Debrach** est fondée sur l'amplitude M-m :

- Climat insulaire : $M-m < 15$ °C.
- Climat littoral : 15 °C < $M-m < 25$ °C.
- Climat semi- continental : 25 °C < $M-m < 35$ °C.
- Climat continental : $M-m > 35$ °C.

D'après la classification mentionnée ci-dessus on confirme qu'au niveau du territoire de Nâama subit des influences semi-continentales, Où il s'avère dans la tableau suivant **Tableau 08**

Tableau 08 : indice de continentalité de la zone d'étude durant la période de référence

Station	M °C	m °C	(M-m) °C	Type de climat
Nâama 1991-2021	30.3	0.5	29.8	semi- continental

II.3.2 L'indice d'aridité de « Martonne » :

Selon MARTONNE (1926), l'indice d'aridité est utile pour évaluer l'intensité de la sécheresse, il est exprimé par la relation : $I = P / (T+10)$

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

T : Température moyenne annuelle en (°C).

IL est d'autant plus grand que le climat est humide.

Tableau 09 : Indice de MARTONNE pour les trois stations

- $I < 5$: Climat hyper arides
- $5 < I < 7,5$: Climat désertique
- $7,5 < I < 10$: Climat steppique
- $10 < I < 20$: Climat semi arides
- $10 < I < 20$: Climat tempéré

Station	Indice	Type de climat
Nâama	7.70	Climat steppique

D'après le **Tableau 09** on constate que la station Nâama sont sous l'influence d'un climat steppique.

II.3.3 Diagrammes ombrothermiques de « BAGNOULS » et « GAUSSEN » :

Le diagramme ombrothermiques de **BAGNOULS** et **GAUSSEN** est représenté sur un repère où sont portées les courbes des précipitations des périodes humides et des période sèches et les courbes thermiques correspondant à la période sèche qui permet de calculer la durée de la saison sèche sur un seul graphe. L'échelle de pluviométrie est $P \leq 2T$: L'une humide et l'autre sèche. On parle de saison sèche lorsque la courbe des pluies passe en dessous de celle des températures.

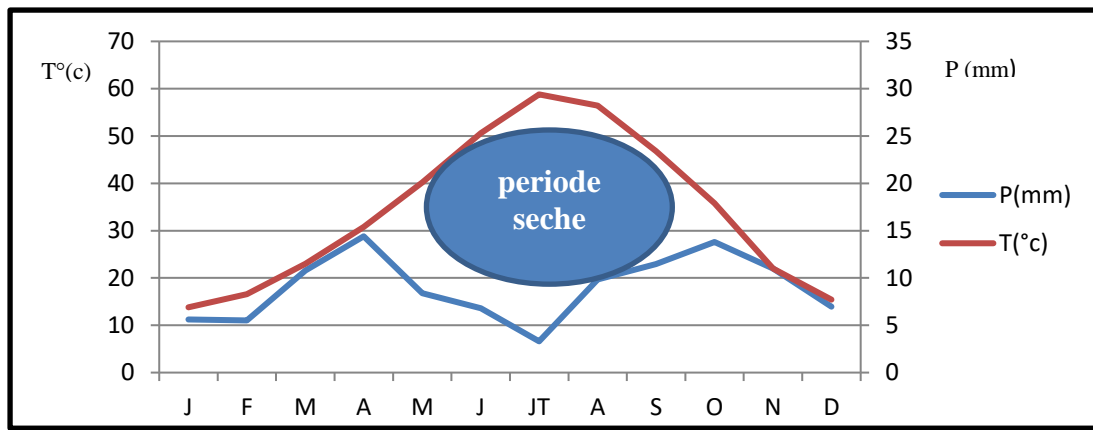


Figure 15 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN station Nâama

Cette allure du diagramme (Figure 17) permet de constater que la période sèche s'étale sur 8 mois de sécheresse, ce qui confirme l'intensité de sécheresse qui est plus important.

II.3.4 Quotient pluviométrique et Climagramme d'EMBERGER (1955) :

EMBERGER (1955) proposait de définir des sous-classes dans le bioclimat méditerranéen sur la base de l'humidité globale du climat et sa rigueur hivernale. Le quotient pluviométrique d'EMBERGER permet de définir les étages et les sous étages bioclimatiques. Il est établi en fonction du m (°C) et du Q2. Cela est caractérisé par le quotient pluviométrique.

Le quotient d'EMBERGER est calculé par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{1000 \times P}{\left(\frac{M + m}{2}\right) \times (M - m)} = \frac{2000 \times P}{M^2 - m^2}$$

P : moyenne des précipitations annuelles (mm).

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°k).

m : moyenne des minima du mois le plus froid (°k).

T (°k) = T °C + 273,2.

Tableau 10 : Valeur de Q2 et étages bioclimatiques

Station	Pluie (mm)	M (°c)	m (°c)	Q2	Etage bioclimatique
Nâama (1991-2021)	208.8	30.3	0.5	24.29	Aride supérieur à Hiver frais

En reportant Cette valeur de Q2 sur le climagramme d’Emberger (Tableau 10), on peut constater que la station de Naama est classée dans l’étage aride supérieur à hiver frais.

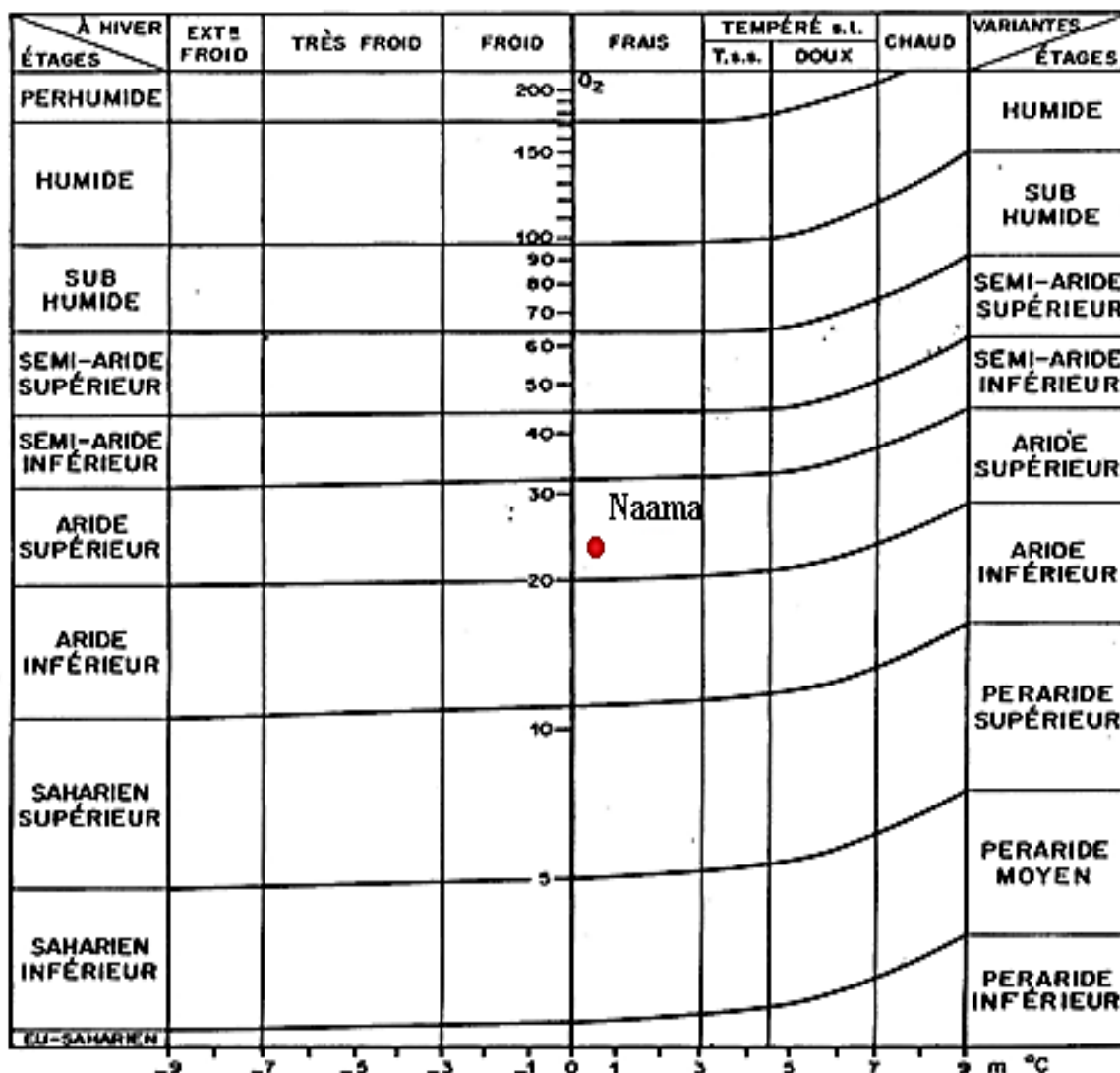


Figure 16 : Climagramme d’EMBERGER (DAGET, 1977)

II.4 Autres facteurs climatiques :

D’après (DAJOZ, 1996) l’action combinée entre le vent et la neige règle la répartition de certaines associations végétales. La région de la wilaya de Naâma est très froide en hiver, au point d’enregistrer des chutes de neige. Leur fréquence annuelle, est en moyenne de 3,8 jours (station de Mècheria), mais la période d’enneigement est beaucoup plus longue. Cet enneigement est considéré à la fois comme facteur favorable (précieux apport en eau) et facteur contraignant (Coupures des voies de communication, isolement de certains territoires.). (DAJOZ, 1996).

II.4.1 Gelées :

La Wilaya de Naâma, à l'instar des espaces Hauts plateaux, subit des gelées assez importantes et fréquentes en hiver et même au début du printemps. La fréquence de la gelée est évaluée en moyenne à 40,4 jours dans l'année. (DAJOZ, 2002)

II.4.2 Vent :

D'après DAJOZ (1996) le vent est un agent de dispersion des végétaux et des animaux. Il a une action indirecte en modifiant l'humidité et la température d'une région donnée. La fréquence des vents est importante sur l'année avec une moyenne de 18 jours par mois. Les vents dominants sont de direction Nord (Nord, Nord-Ouest, Nord-Est). Ils représentent 48% de la fréquence totale. Le vent agit souvent sur les insectes en ralentissant les déplacements des espèces ptérygotes. (DAJOZ, 2002)

Chapitre III

Matériels et Méthodes

Introduction :

Notre étude a été réalisée dans la commune de Mecheria qui fait partie de la wilaya de Naâma, cette commune est caractérisée par des formations steppiques dégradées.

Située au nord de la commune de Mecheria, notre zone d'étude dite « Draa El Aoud » représente un boisement de masse à base du pin d'Alep. Il s'agit d'une plantation artificielle réalisée au cours des années 70.

I. Choix de Station :

La forêt de Draa El Aoud se situe dans la partie nord de l'Atlas Saharien, elle a pour objectif d'accroître la superficie forestière qui joue un rôle protecteur sur une superficie de 1000 hectares, est géo-référenciée comme suit : la latitude de 33,57°N et 33,62°N et de la longitude 0,23°W et 0,18°W.

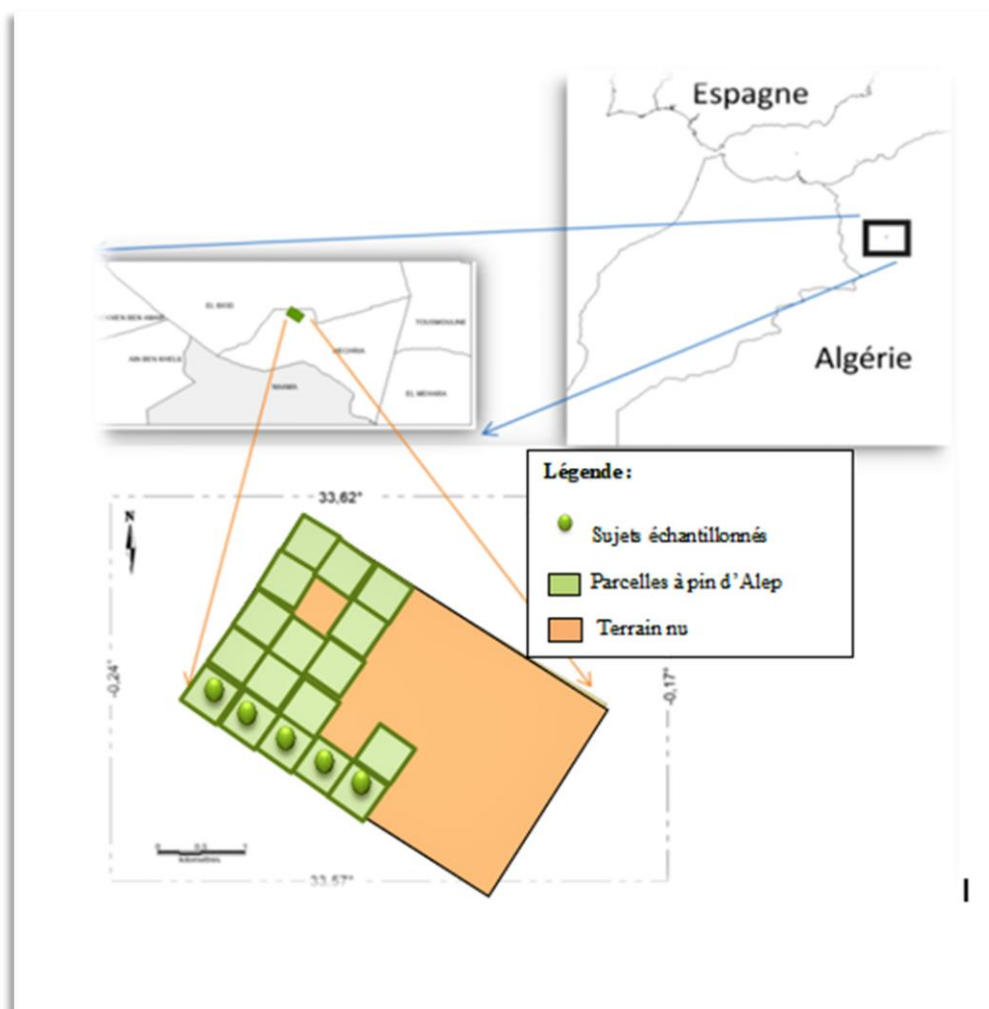


Figure 17 : Localisation de boisement de masse Draa El Aoud.

II. Matériel utilisé :

II.1 Matériel de terrain :

Les arbres échantillonnés sont localisés par GPS (Global Positioning System). Pour l'étude et les mensurations, nous avons utilisé le matériel Suivant :

- Loupe binoculaire pour l'agrandissement des images des spécimens collectés.
- Mètre ruban de longueur de 20 mètres pour mesurer la circonférence des arbres à 1.30m.
- Le dendromètre Blum-Liesse pour mesurer la hauteur des arbres, comporte 4 échelles de lecture des hauteurs : 15, 20, 30 et 40 m. On lit la valeur sur l'échelle qui correspond à la distance d'éloignement choisie par rapport à l'arbre.

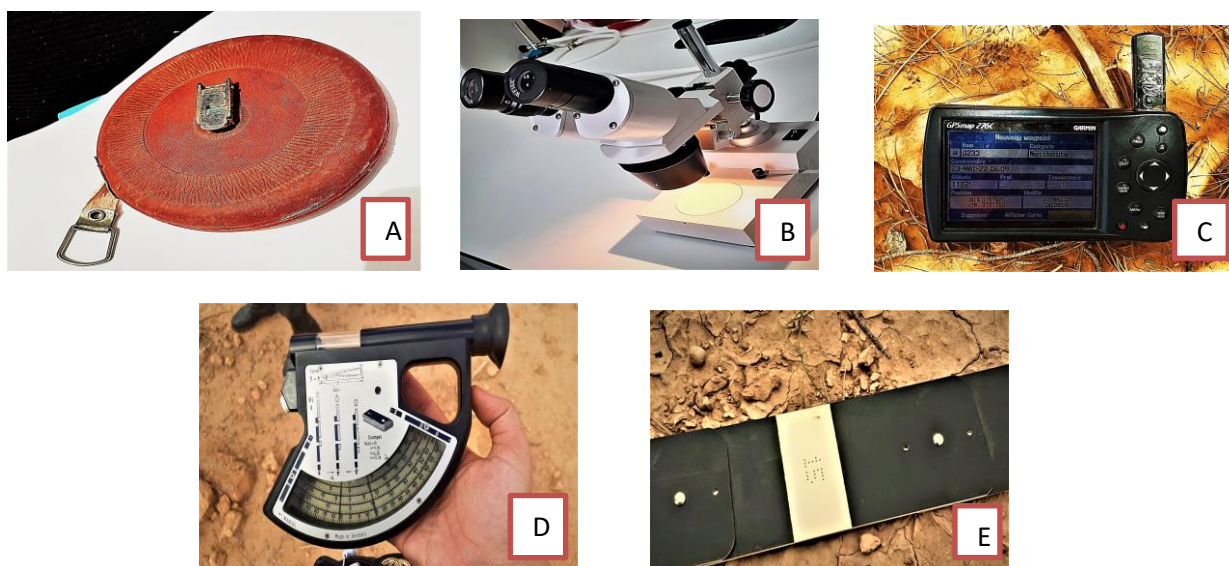


Figure 18 : Matériel utilisé (A : Mètre ruban, B : Loupe binoculaire, C : GPS, D.E : Blum-leiss) **Badaoui et Ben aissa, 2022**

II.2 Matériel végétal :

L'armoise blanche « *Artemisia herba alba* » est une plante appartenant à la famille des Asteraceae. C'est une espèce fourragère, médicinale et aromatique. Elle est utilisée comme remède de beaucoup de maladies tel que le traitement de diabète, diarrhée et comme vermifuge et son huile essentielle est destinée à l'industrie de la cosmétologie et de la parfumerie.



Figure 19: la plante «*Artemisia herba alba*»

Badaoui et ben aissa (2022)

a. La récolte :

La partie aérienne (feuilles) de l'armoise blanche a été récoltée à partir de notre zone d'étude pendant le mois de février 2022.

b. Le séchage :

Les feuilles d'*Artemisia herba-alba* sont séchées à l'ombre, à une température ambiante et conservées dans des sacs en papier loin de toute humidité pour d'éventuelle extraction d'huiles essentielles et les extraits.



Figure 20 : Séchage des feuilles d'*Artemisia herba-alba* (Chih)
Badaoui et **ben aissa** (2022)

II.3 Matériel animal :

L'évaluation de l'effet bio-pesticide des extraits et l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* sont testés sur *Thaumetopoea pityocampa* du pin, qui a été issu de la forêt « Draa El Aoud » située dans la partie nord de la commune de Mecheria, durant le mois d'avril 2022.



Figure 21 : La chenille processionnaire du pin.

Badaoui et **ben aissa** (2022)

II.4 Matériel du laboratoire et les produits chimiques :

Le matériel du laboratoire utilisé comprend des produits chimiques (méthanol, éthanol) et l'eau distillée, ainsi que des équipements, appareillages et verreries.

III. Méthode expérimentale :

III.1 Étude sur Terrain :

Dans la station Draa el aoud, nous avons effectué des mesures dendrométriques et phytosanitaires sur 100 arbres répartis systématiquement sur une superficie de 100 ha à raison de 20 sujets / 20 ha.

Des sorties sur terrain ont été effectuées durant le mois du mars et avril et consacrées aux études sur l'entomofaune ravageurs et les dégâts ainsi que les symptômes causés par ces insectes, suivi par une étude dendrométrique d'arbres (hauteur/diamètre).

III.1.1 Type d'échantillonnage :

L'observateur juge les emplacements représentatifs des conditions du milieu et choisit comme échantillons les zones qui lui paraissent particulièrement homogènes et représentatives d'après son expérience. Dans notre étude et dans le souci d'avoir un travail représentatif, nous avons procédé un échantillonnage systématique dont nous avons localisés le centre de chaque parcelle à partir duquel 20 sujets alignés ont été sélectionnés par parcelle. Après avoir déterminé l'échantillon, nous avons procédé à la collecte des informations et des indices de présence des ravageurs à savoir : Défoliation ; Ecorce infecté par les galeries des scolytes ; Chute d'écorce.

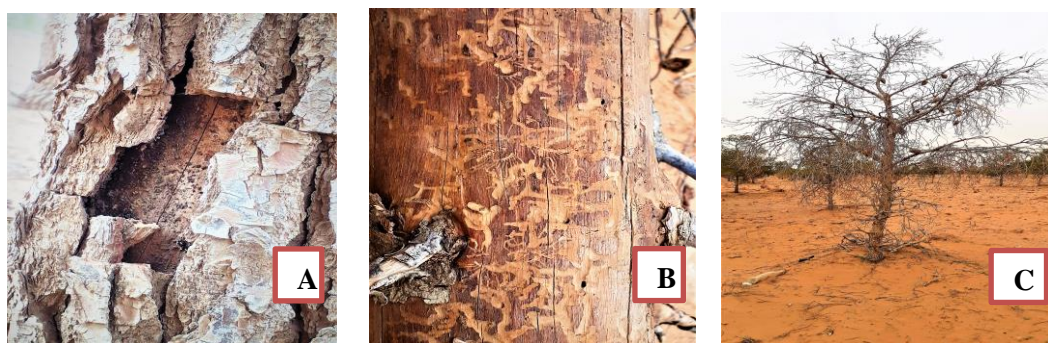


Figure 22 : Les symptômes des ravageurs, (A. Ecorce infecté ; B. chute de l'écorce ; C. Défoliation)

Badaoui et Ben aissa (2022)

III.1.2 Études dendrométriques :

Les arbres de chaque station ont fait l'objet de mesures qui ont porté sur les paramètres dendrométriques suivant :

- Hauteur des arbres échantillonnés de la parcelle.
- Circonférence à 1, 30 m des arbres échantillonnés de la parcelle.
- Observation de l'état sanitaire des arbres échantillonnés.

Dans notre cas, nous étudions ces paramètres pour comprendre la tendance de croissance du pin d'Alep. Par conséquent, le processus de travail consiste à prendre des mesures dendrométriques.

III.1.2.1 Mesure de la circonférence des troncs :

La figure 24 montre la technique de mesure de la circonférence des troncs des arbres de pin d'Alep appliquée à 1,30m du sol. Elle était perpendiculairement au tronc par mètre ruban suivant la méthode de DALLMEIER (1992).



Figure 23 : Mesure de la circonférence des arbres de *Pinus halepensis* dans la forêt de Draa el Aoud. **Badaoui et Ben aissa (2022)**

III.1.2.2 Mesure de la hauteur des arbres :

À l'aide d'un dendromètre Blume-Leiss, on a mesuré la hauteur de l'arbre dans chaque parcelle, Les arbres sont effectués. On a placé d'abord la mire pliante dans l'arbre, on a choisi l'échelle qui mesure la hauteur à partir de la distance (15 mètres pour notre cas). Nous avons ensuite fait deux observations, une au niveau des pieds d'arbre et l'autre pour viser le sommet de l'arbre. Selon les deux visions nous avons effectué le calcul de la hauteur des arbres, dont on a ajouté les deux lectures.



Figure 24 : Mesure de la hauteur des arbres de pin d'Alep dans la forêt de Draa El Aoud.

Badaoui et Ben aissa (2022)

III.2 Étude sur les insectes ravageurs :

Suite à l'examen des arbres constituant notre échantillon, nous constatons la présence des galeries de scolytes et les nids de la chenille processionnaire.

La collecte de *Thaumetopoea pityocampa* a été basée sur la technique capture à la main, les individus ont été collectés et conservés dans des boîtes pour détermination par la suite.

III.3 Exploitation d'*Artemisia herba-alba* comme bio-pesticide :

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet bio-pesticide de l'huile essentielle et des extraits (éthanoïque, méthanoïque, eau distillée) de l'Armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) afin de valoriser et protéger le pin d'Alep contre *Thaumetopoea pityocampa*, minimiser l'utilisation des pesticides chimiques nuisibles sur l'environnement, vise à valoriser cette plante médicinale et aromatique très répandue en Algérie. Cette étude a été réalisée au niveau du laboratoire de zoologie de département de science de la nature et de vie au centre universitaire Salhi Ahmed de Naâma. Dans le cadre de la valorisation des substances naturelles végétales.

Nous avons eu recours à l'utilisation de la méthode d'hydro-distillation pour l'extraction des huiles essentielles et la méthode de Soxhlet pour les extraits d'*Artemisia herba-alba* et les tester sur la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) du pin.

III.3.1 Application d'huile essentielle et des extraits testée sur *Thaumetopoea pityocampa* du pin d'Alep :

D'après les résultats obtenus lors du plan expérimental, nous avons effectué des essais d'application d'huile essentielle et des extraits obtenus d'*Artemisia herba-alba* à savoir : la mortalité de la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) du pin d'Alep. (Figure 26)

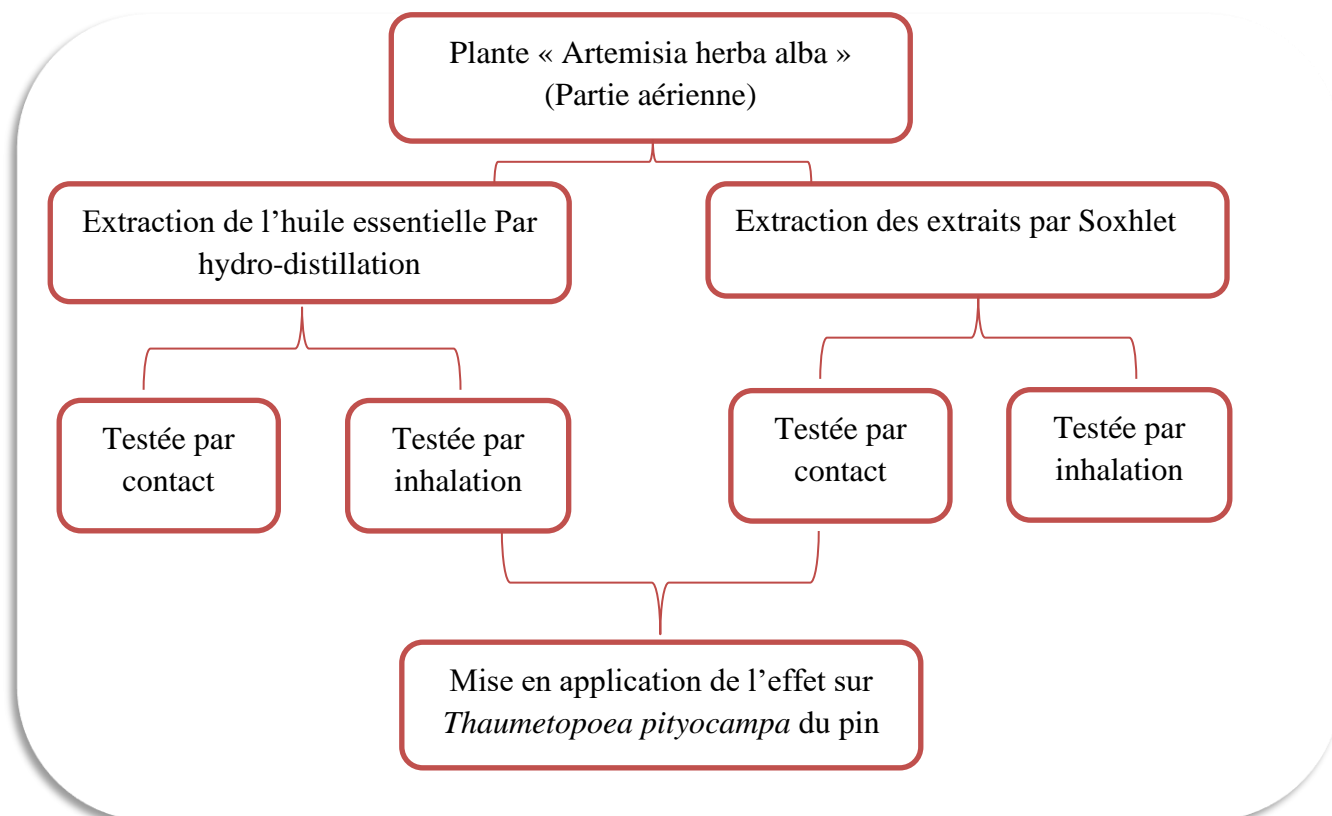


Figure 25 : Protocole expérimental

III.4 Extraction :

III.4.1 Extraction des extraites par Soxhlet :

Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire de biochimie (pole 1), département de science de la nature et de la vie, centre universitaire Salhi Ahmed de Naâma.

Les extraits (méthanoïques, éthanoïques, d'eaux distillées) sont obtenus en suivant les étapes ci-dessous :

1. Nous avons placé 2g de la plante séchée dans une cartouche en papier filtre épais pour enfin être placé dans le réservoir de l'extraction Soxhlet dans un récipient contenant 120 ml de chaque produit, laisser sous agitation à une température de 60°C.
2. Après plusieurs cycles successifs d'extractions en contenu, les solvants contenant la matière à extraire retournent dans le ballon par déversement à travers le siphon situé dans le coude latéral.
3. Les extraits obtenus sont conservés dans le réfrigérateur et couverts avec une feuille d'aluminium à l'abri de la lumière.



Figure 26 : Pèsement d'*Artemisia herba-alba*. Badaoui et ben aissa (2022)

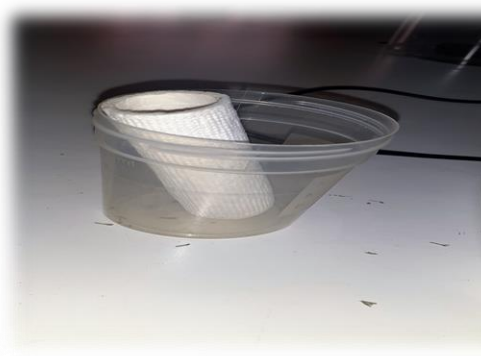


Figure 27 : une cartouche en papier filtre. Badaoui et ben aissa (2022)

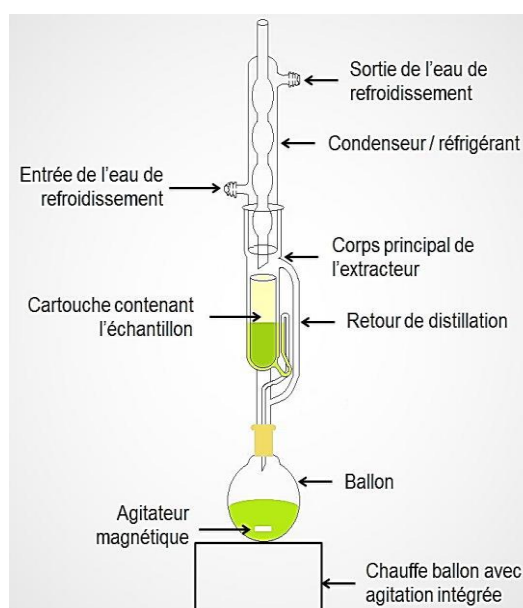


Figure 28 : Dispositif d'extraction Soxhlet.

Badaoui et ben aissa (2022)

III.4.2 Extraction de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* par hydrodistillation :

Il existe de nombreuses méthodes d'extraire les huiles essentielles, la plus couramment utilisée est l'hydro-distillation. Les huiles essentielles peuvent être extraites des fleurs, des feuilles, des racines ou des graines de plantes. Datant de mille ans, c'est la méthode la plus ancienne et la plus utilisée pour obtenir des huiles essentielles de haute qualité.

Il s'agit de faire passer de la vapeur d'eau dans un réservoir contenant une plante. Sous l'action de la chaleur humide, de l'huile essentielle volatile est libérée. Cette vapeur d'eau et d'huile essentielle est ensuite passée dans un serpentin refroidi par de l'eau. La vapeur se condense alors dans le serpentin et revient à l'état liquide. Le liquide est un mélange d'eau et d'huile essentielle, recueillies

dans un parfum qui sépare les deux éléments. En effet, l'huile essentielle est non miscible à l'eau et plus légère donc elle se retrouve dans la partie supérieure de l'essencier.

Lors de notre étude l'extraction de l'huile essentielle a été réalisée au laboratoire de biochimie, par la méthode d'hydro distillation. La méthode d'extraction consiste à prendre une quantité totale 350g de la matière sèche d'*Artemisia herba-alba*. Avec répétition de 5 fois, donc que 70 g de matière végétale séchée est placé dans un ballon d'une capacité de 1 litre sur le quels un volume d'eau distillée correspondant à 2/3 de la capacité du ballon est rajouté. Le ballon est mis sur un chauffe ballon et est raccordé avec le reste de l'appareil d'extraction, le mélange d'eau et matériel végétale sera chauffera une température voisine de 100°C. Le mélange est tenu en ébullition de 2 à 3 heures.

Les vapeurs chargées d'huile essentielle, traversent le réfrigérant et se condensent ainsi avant de chuter dans une ampoule de décantation ensuite, l'huile se sépare de l'eau par différence de densité.

Le rendement de l'huile essentielle obtenu dans 350g de matière sèche est de 5ml. Cette huile essentielle sera placée dans un flacon hermétiquement fermé et couvert d'une feuille d'aluminium conservée dans le réfrigérateur à l'abri de la lumière.

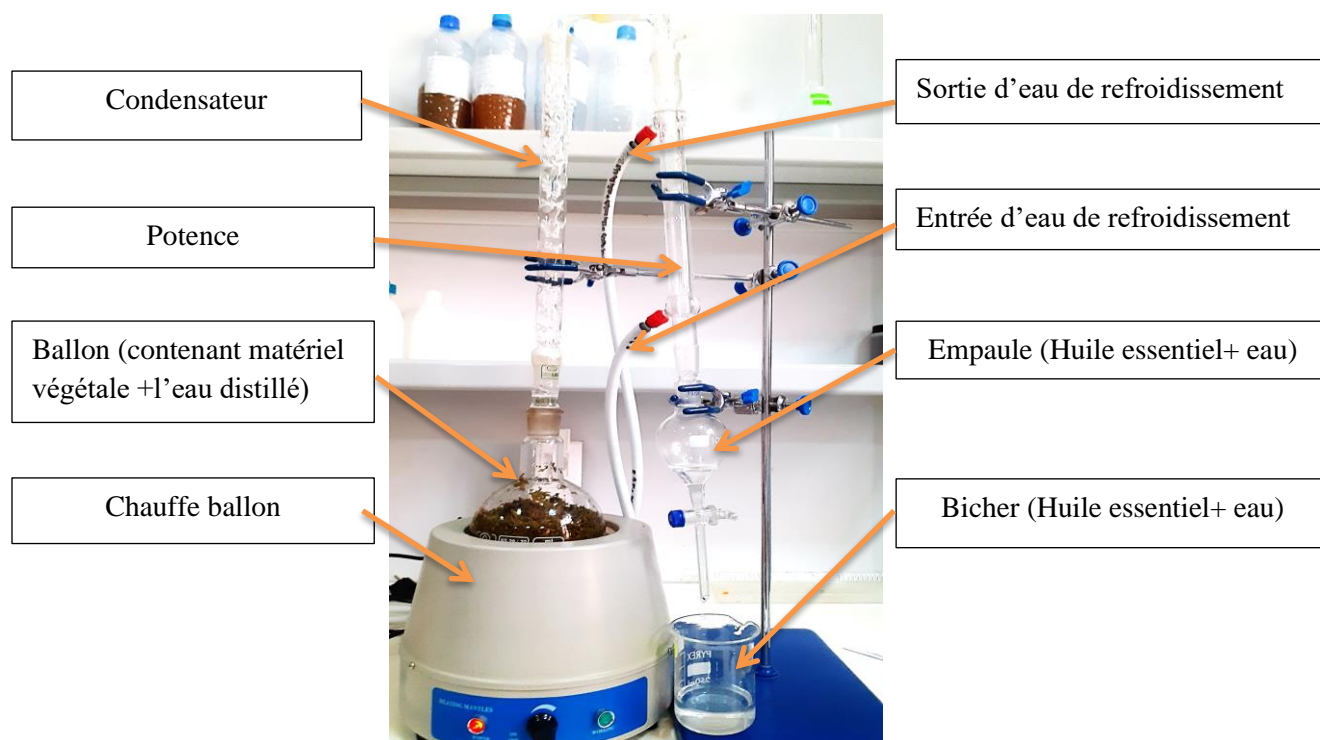


Figure 29 : Montage d'hydro –distillation.

Badaoui et ben aissa (2022)

III.5 Test de l'activité bio pesticide de l'huiles essentielle et des extraits (méthanoïque, éthanoïque, eau distillée) de l'Armoise :

Les tests de toxicité d'*Artemisia herba-alba* sur la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) du pin est effectué selon deux modes de pénétration, une pénétration par contact et l'autre par inhalation. Les doses utilisées ont été fixées après la réalisation de plusieurs essais préliminaires pour avoir la meilleure gamme de dose à utiliser. Le choix des doses utilisées est finalement fixé.

Tableau 11 : Doses utilisées dans le test de contact et l'inhalation pour les huiles essentielles et les extraits de l'Armoise.

Dose ($\mu\text{l/ml}$)	D1	D2	D3
Les valeurs	2	4	6

III. 5.1 Evaluation de la mortalité des individus de la chenille processionnaire par effet contact :

Les boîtes de pétri sont infestées par un seul insecte de *Thaumetopoea pityocampa* portés sur des feuilles de pin d'Alep, Ces boîtes sont fermées par leur couvre pour éviter la fuite des insectes. On a assuré une circulation de l'air à l'intérieure de la boîte tout en empêchant les chenilles processionnaires de s'enfouir. Nous avons réalisé 2 répétitions pour les 3 doses de l'huile essentielle et les extraits (éthanoïque, méthanoïque, eau distillé) d'*Artemisia herba-alba* testée. et de même pour le témoin non traité par l'huile essentielle et les extraits. Un comptage des insectes morts est réalisé après 24 heures de ce traitement.



Figure 30 : Dispositif expérimental adopté pour le test de contact.

Badaoui et ben aissa (2022)



Figure 31 : pulvérisation des extraits sur les boites de pétri.

Badaoui et ben aissa (2022)

III.5.2 Evaluation de la mortalité des individus de la chenille processionnaire par effet d'inhalation :

Pour estimer l'effet bio-pesticide de l'huile essentielle et des extraits, cette dernière a été administrée par saturation de l'environnement (par inhalation). Pour cela, nous avons choisi de faire un test à des doses variables (2 µl/ml, 4 µl/ml, 6 µl/ml) et de temps d'exposition variable (24 h, 48 h, 72 h).

L'huile et les extraits ont été pulvérisés sur le coton ensuite déposés sur face interne des couvercles en plastique qui sont maintenus fermés pendant 10 min avant le dépôt des insectes pour saturer le milieu. Après, un seul individu est placé à l'intérieur des piluliers avec les feuilles de pin d'Alep. Pour le lot témoin, nous avons introduit également un seul individu de la chenille processionnaire et une feuille de pin d'Alep dans des piluliers non traités à l'huile essentielle et les extraits (éthanoïque, méthanoïque, eau distillé).



Figure 32 : pulvérisation des extraits sur le coton.

Badaoui et ben aissa (2022)



Figure 33 : Dispositif expérimental adopté pour le test d'inhalation.

Badaoui et ben aissa (2022)

III.6 Méthodes d'analyse des données :

III.6.1 Correction de la mortalité :

L'efficacité de cette huile essentielle et des extraits sont évaluées par la mortalité. Les résultats des tests effectués ne représentent pas uniquement la mortalité causée par l'huile et les extraits mais il y a aussi la mortalité naturelle. Cette mortalité est corrigée par le biais de la formule de **SHNEIDER-ORELLI**.

$$MC (\%) = ((MT-Mt) / (100-Mt)) \times 100$$

MC (%) : pourcentage de mortalité corrigée.

MT : pourcentage de mortalité obtenu dans la population traitée.

Mt : pourcentage de mortalité obtenu dans la population témoin.

Chapitre IV
Résultats et Discussion

I. Résultats sur l'Etat phytosanitaire du peuplement de pin d'Alep à Draa El Aoud :

Dans le but de connaître l'Etat phytosanitaire du peuplement de pin d'Alep à Draa El Aoud, des sorties sur terrain ont été effectuées durant 1 mois.

Les attaques des ravageurs ont été bien observées au niveau de la station d'étude dans 5 parcelles de l'ensemble de 22 boisées dans la forêt de Draa El Aoud. Parmi les symptômes les plus remarquables on a : l'écorce infectée, la chute de l'écorce et la défoliation. Les parcelles les plus menacées sont (A, C) où le phénomène de dépérissement est plus accentué.



Figure 34 : Les dégâts primaires, feuille jaune paille, sont visibles au début de l'activité des chenilles. **Badaoui et Ben**



Figure 35 : Pieds d'arbres dépéris.

Badaoui et Ben aissa (2022)

a. Les ennemies naturelles du pin d'Alep :

Tableau 12 : Les ennemies naturelles du pin d'Alep

Parcelle	La chenille processionnaire	Insectes xylophage	Champignons
A	45%	40%	0%
B	50%	15%	0%
C	70%	15%	0%
D	50%	5%	0%
E	55%	10%	0%

Le tableau ci-dessus représente le taux d'infestation de chaque parcelle par les ennemies naturelles propagées dans la station Draa el aoud.

b. Le taux d’infestation des parcelles étudiées :

Tableau 13 : Le taux d’infestation des parcelles étudiées

La chenille processionnaire	Insectes xylophage	Champignons
54%	17%	0%

Le tableau ci-dessus représente le taux d’infestation par les ennemies naturelles de pin d’Alep dans les 5 parcelles dans la station de Draa el aoud.

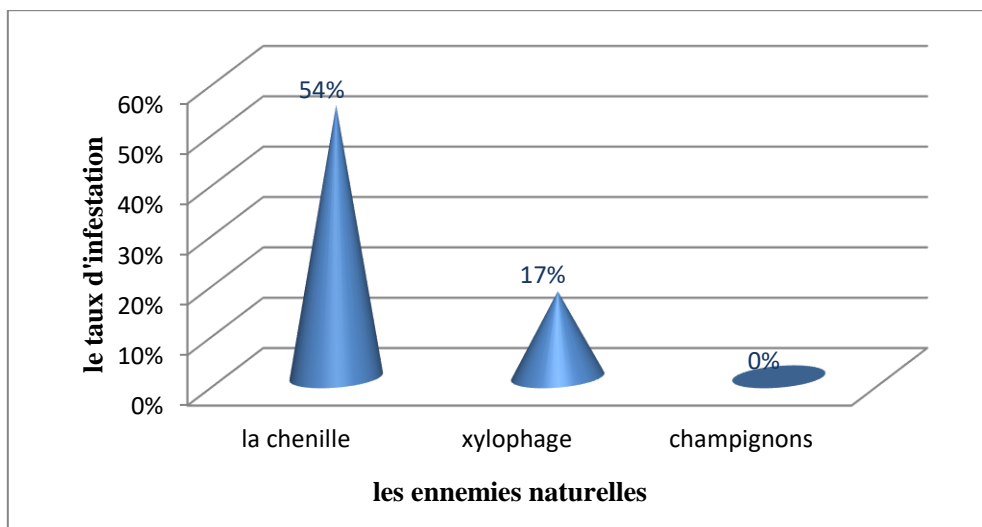


Figure 36 : le taux d’infestation par les ennemies naturelles de pin d’Alep

Interprétation :

Les résultats montrent qu’on a une forte infestation par la chenille processionnaire avec un taux d’infestation qui dépasse 50% par rapport au taux d’infestation par les insectes xylophage 17%. Alors notre station d’étude nécessite une lutte immédiate contre la chenille processionnaire.

c. Etat sanitaire des arbres et les symptômes observés :

Tableau 14 : Etat sanitaire des arbres et les symptômes observés

Parcelle	Défoliation	Chute de l’écorce	Ecorce infecté
A	70%	25%	20%
B	55%	50%	10%
C	80%	15%	10%
D	55%	5%	0%
E	65%	10%	0%

Le tableau ci-dessus représente les dégâts causés dans la station étudiée par les ennemis naturelles du pin d'Alep, d'après ces résultats obtenus on remarque que les symptômes les plus élevés sont les défoliations.

d. Le taux de symptômes observés des ennemis naturelles de pin d'Alep :

Tableau 15 : Le taux de symptômes observés des ennemis naturelles de pin d'Alep

Ecorce infecté	Chute d'écorce	Défoliation
8%	12%	65%

Le tableau ci-dessus représente les symptômes enregistrés par les ennemis naturelles de *Pinus halepensis* au le phénomène de défoliation est très élevés à cause d'une forte attaque de la chenille processionnaire.

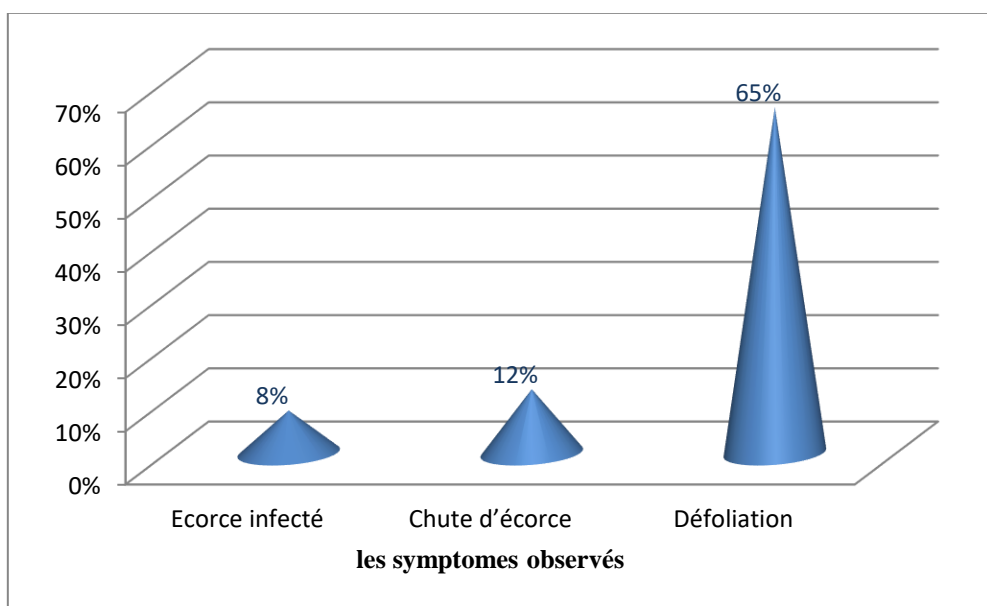


Figure 37 : les symptômes observés des insectes ravageurs dans la station Draa el aoud

Interprétation :

D'après l'évaluation phytosanitaire de la station de Draa el Aoud, les résultats ont permis de classer le symptôme de défoliation par le symptôme le plus manifesté sur les sujets étudiés dans les cinq parcelles par un taux de 65%, le deuxième symptôme est la chute d'écorce par un taux de 12% et le troisième symptôme est l'écorce infecté qui a été le moins manifesté par rapport les autres symptômes.

I.1 Les insectes ravageurs nuisibles de pin d'Alep :

I.1.1 La Chenille processionnaire du pin :

Les attaques de la chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) sont bien observées à la station d'étude, c'est la plus connue dans la région de Naâma notamment à la commune de Mècheria dont le taux de l'infestation de la processionnaire du pin est moyen et diffère d'une parcelle à l'autre. Alors, c'est l'insecte le plus remarquable que nous observons dès la première sortie de prospection sur terrain. Cette dernière provoque des dégâts sur le feuillage et le bois. (Figure)



Figure 38 : Atteintes du peuplement (A. le nid de la chenille processionnaire de pin ; B. Défoliations des arbres due à la chenille processionnaire du pin).

Badaoui et Ben aissa (2022)

I.1.1.1 Taxonomie de la chenille processionnaire :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Super-ordre : Endopterygota

Ordre : Lepidoptera

Famille : Notodontidae

Sous-famille : Thaumetopoeinae

Genre : *Thaumetopoea*

Espèce : *Thaumetopoea pityocampa* (Denis & Schiffermüller, 1775)

I.1.1.2 Morphologie de la chenille processionnaire :

Thaumetopoea pityocampa du pin identifiée dans la station d'étude « Draa El Aoud » dans la région de Naâma c'est un insecte qui se développe selon cinq stades larvaires. Au terme, elle mesure autour de 4 cm de longueur, sa couleur brune avec des tâches orange. Elle possède huit paires de pattes, dont deux fausses paires de pattes abdominales. Elle peut être dorsalement noire et ventralement ocre. La tête est noire. Sa pilosité consiste en fait en sortes de touffes de soies rousses orangées sur le dos alors que ces mêmes soies sont beaucoup moins denses et plus fines latéralement.

Cet insecte est très abondant dans les parcelles étudiées c'est la plus connue par la circonscription des forêts de Mecheria.

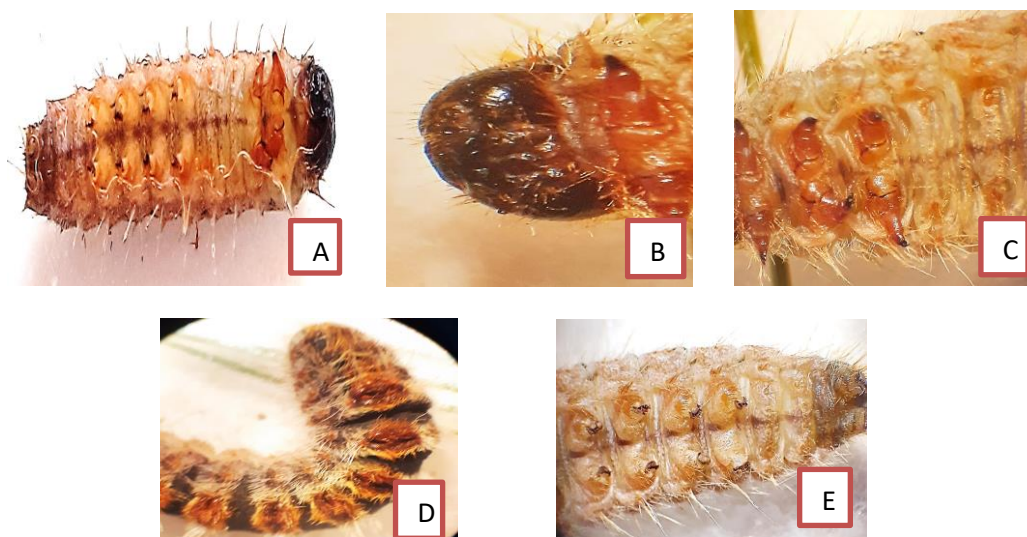


Figure 39 : morphologie de la chenille processionnaire (A, face ventrale ; B, la tête ; C, thorax ; D, face dorsale ; E, l'extrémité de l'abdomen) **Badaoui et Ben aissa (2022)**

I.1.1.3 Dégâts forestiers :

Thaumetopoea pityocampa du pin est l'un des principaux défoliateurs dans la forêt de « Draa El Aoud », les importants dégâts enregistrés sur les pinèdes qu'ont été à l'origine d'un affaiblissement de nombreux peuplements, qui les a rendus vulnérables à l'attaque d'insectes sous-corticaux.

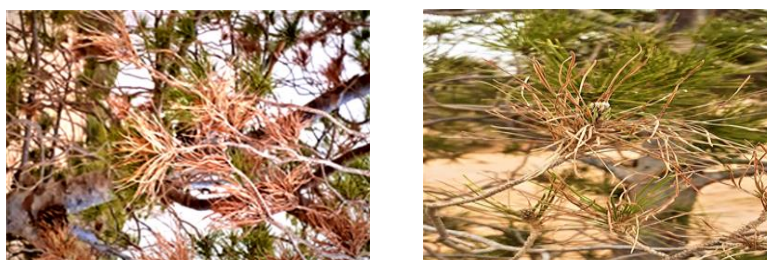


Figure 40 : dégâts de la chenille processionnaire
Badaoui et Ben aissa (2022)

I.1.1.4 Lutte contre la chenille processionnaire :

L'administration des forêts utilise plusieurs moyens de lutte contre la chenille processionnaire notamment :

Lutte mécanique par l'enlèvement ou la destruction des nids reste la méthode de lutte principale contre cet insecte notamment importante lorsque la densité et le nombre de nids sont encore faibles. L'enlèvement se pratique idéalement tôt dans la saison (d'avril à mai) afin de profiter des stades non urticants de la chenille. Une protection individuelle (combinaison, masque respiratoire, lunettes...) est obligatoire afin de ne pas s'exposer aux poils urticants. Les nids restent urticants pendant des années, même après le départ des papillons.

I.1.2 Les Scolytidae :

Sont des Coléoptères très proches des Curculionidae. Les adultes sont petits. Les larves de la plupart des espèces sont xylophages, Les attaques des scolytes sont visibles dans la fort de « Draa El Aoud », ils creusent leurs galeries à partir de celles aménagées par les adultes dans l'écorce ou entre bois et écorce. Ils constituent une grande famille des Insectes ravageurs. Ils ont un corps cylindrique allongé avec des élytres de couleur brun rouge et de taille variable de 2 à 5 mm, ce sont des espèces qui se trouvent soit entre écorce et aubier soit dans les jeunes pousses de pin.

I.1.2.1 Taxonomie de Scolytidae :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Coléoptère

Famille : Curculionidae

Sous-famille : Scolytidae

Genre : *Tomicus*

Espèce : *Tomicus piniperda*

I.1.2.2 La lutte contre Scolytidae :

La lutte préventive complète consiste à éviter la colonisation par les insectes xylophages. La seule catégorie de produits ligneux de haute qualité, en particulier les grumes de tranchage ou de déroulage. Pour contrôler la propagation de ces ravageurs, vous avez d'abord besoin de retirer complètement les branches ou les arbres affectés, puis rapidement incinération. Dans certains cas des pièges à phéromones sont installés pour éliminer les scolytes adultes. Les scolytes adultes peuvent être efficaces pour réduire considérablement les populations de ravageurs. Parmi les moyens possibles de lutte contre les insectes xylophages, c'est l'éloignement du bois infecté hors forêt, avant la période de l'activité biologique des insectes xylophages.

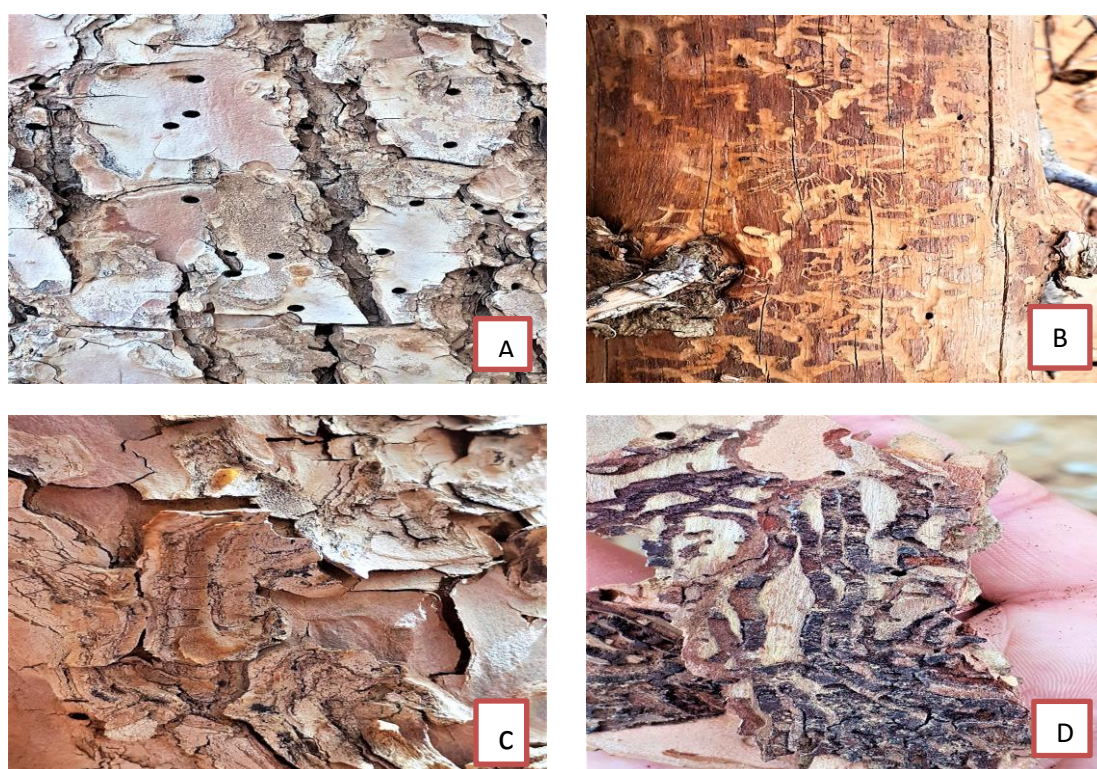


Figure 41: Traces des ravageurs (A : Trous des scolytes, B : Galeries des de scolytes sous écorce, C : Praline de résine, D : Trous de sortie des adultes)

Badaoui et Ben aissa (2022)

I.1.3 La larve d'*Arhopalus Ferus* :

La larve d'*Arhopalus Ferus* est largement connue par longicorne de pin, cette dernière présente dans la station d'étude, caractérise par une couleur blanche mesure son évolution globale de 60 à 65mm. Le segment abdominal est plat et très prononcé. Tête profondément enfoncée dans Prothorax (larves de marteau) beaucoup plus gros que l'abdomen. Les segments sont organisés comme les chaînes d'un petit ténia.

I.1.3.1 Dégât de la larve d'*Arhopalus Ferus* :

Les dégâts les plus préjudiciables sont occasionnés par les larves d'*Arhopalus Ferus*. Celles-ci sectionnent les vaisseaux conducteurs de sève, rendant l'alimentation de l'arbre difficile et pouvant entraîner la mort du sujet. Les arbres attaqués présentent des racines détruites.



Figure 42 : la larve d'*Arhopalus Ferus*
Badaoui et Ben aissa (2022)



Figure 43 : dégâts de la larve
d'*Arhopalus Ferus* (attaque des racines)
Badaoui et Ben aissa (2022)

II. Étude dendrométrique de la forêt de Draa El Aoud :

L'étude de l'entomofaune nuisible du pin d'Alep nécessite une étude sur les caractéristiques de leur environnement, une étude dendrométrique de la forêt de Draa El Aoud a été effectuée dans cette station à savoir : Hauteurs/diamètres et le taux de recouvrement (N° d'arbre / parcelle).

Notre zone d'étude est considérée comme une station de boisement de pin d'Alep d'âge uniforme entre 45 ans et 50 ans. Les résultats liés à la mesure de l'objet prélevé, sur les mesures dendrométriques de l'arbre (hauteur/diamètre) sont regroupés dans **le tableau 16**

Tableau 16 : Mesures dendrométriques (Hauteurs/diamètres) et le Taux de recouvrement

(N° d'arbre / parcelle)

Parcelle	Taux de recouvrement (N° d'arbre / parcelle)	Hauteur moyenne des arbres (m)	Circonférence moyenne (m)
A	25%	4,97	0,49
B	55%	5,96	0,56
C	35%	3,63	0,34
D	20%	3,58	0,35
E	15%	3,38	0,38

II.1 Analyses dendrométriques :

II.1.1 La hauteur :

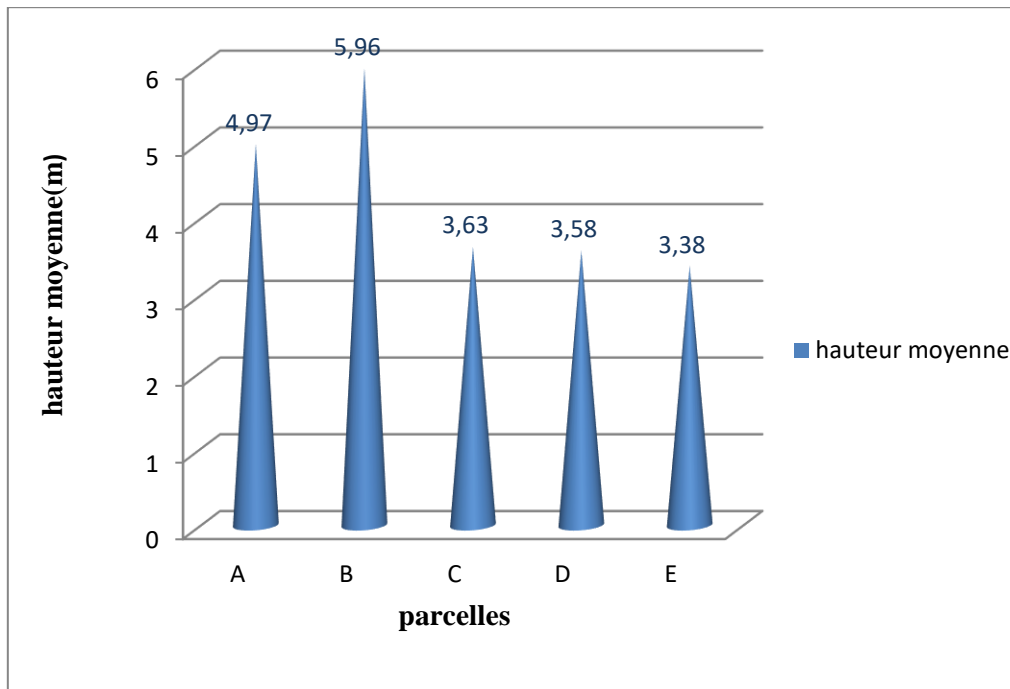


Figure 44 : Résultats de La hauteur moyenne des arbres étudiés dans la forêt de Draa El Aoud dans les parcelles

Interprétation :

A travers ces résultats constatent une distribution irrégulière des pieds d’arbres échantillonnés en hauteur dans la station d’étude, La hauteur moyenne variée entre 1 ,60m et 10m.

II.1.2 La circonférence :

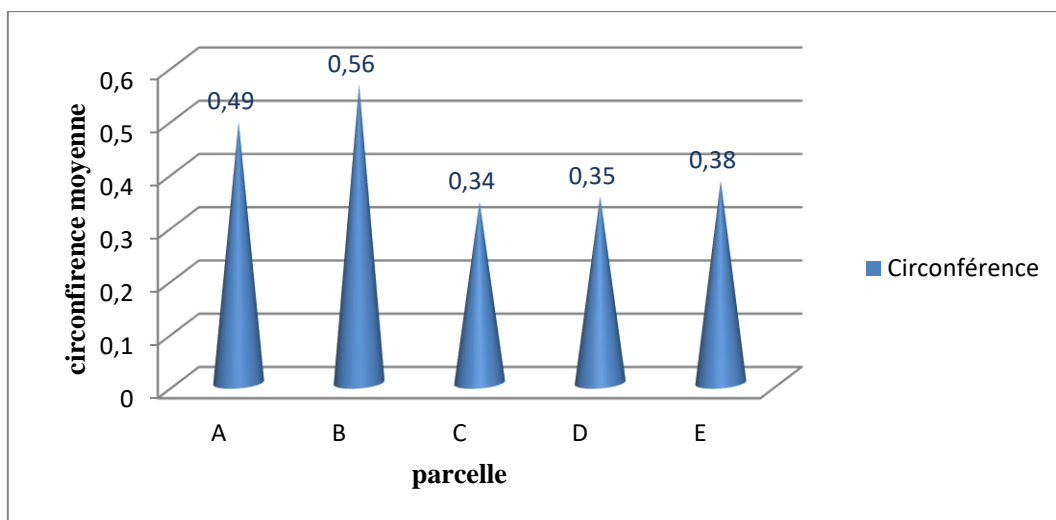


Figure 45 : Résultats des circonférences des arbres étudiés dans la forêt de Draa El Aoud

Interprétation :

La circonférence des arbres de *Pinus halepensis* varie entre 0,34m et 0,56m dans la station de Draa el Aoud, la circonférence la plus faible (0,34m) enregistrée au niveau de la parcelle (C) souffre une dégradation remarquable. Cependant, la circonférence la plus important (0,56m) est celui enregistré dans la parcelle (B).

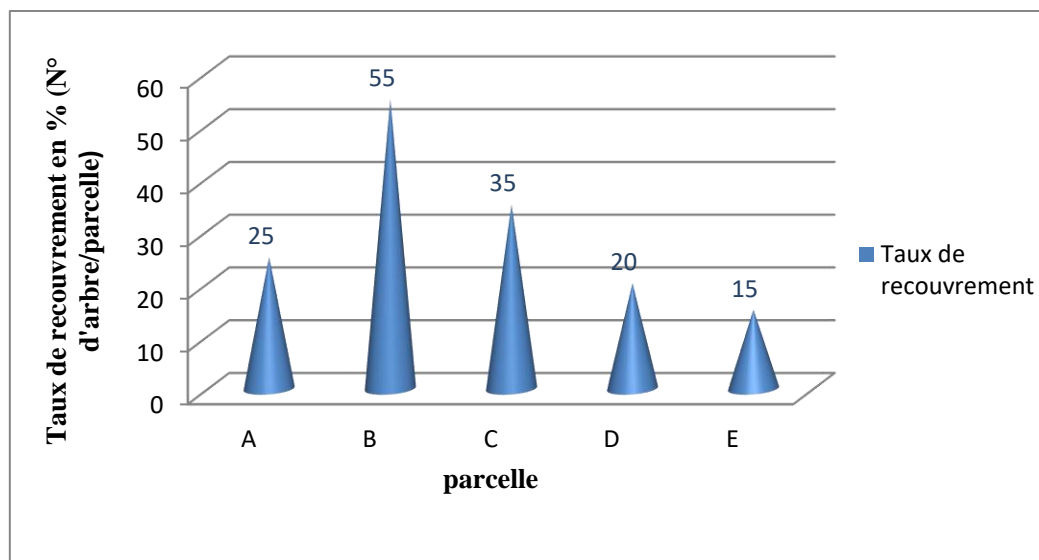
II.1.3 Le taux de recouvrement (N° d'arbre / parcelle) des arbres :

Figure 46 : Résultats de Taux de recouvrement (N° d'arbre / parcelle) des arbres étudiés dans la forêt de Draa El Aoud.

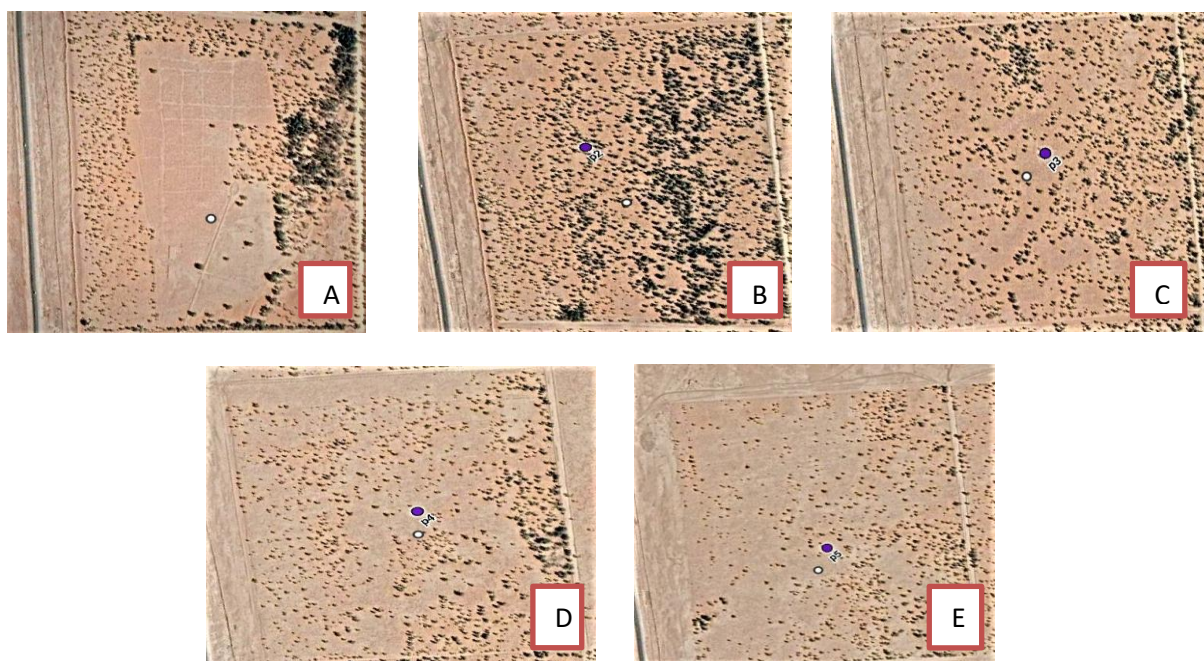


Figure 47 : images satellitaires des parcelles étudiées (A : parcelle 1 ; B : parcelle 2 ; C : parcelle 3 ; D : parcelle 4 ; E : parcelle 5). **Google earth 2022**

Interprétation :

La parcelle (E) représente un taux de recouvrement le plus faible en espèce du pin comparativement aux autres parcelles avec un taux de recouvrement de 15%. Suivi de la parcelle (D) avec un taux de 20%, parcelle (A) avec un taux de 25%, parcelle (C) avec un taux de 35% et la parcelle qui représente un taux élevé par rapport aux autres quatre parcelles (A,C,D,E) est la parcelle (B) avec un taux de recouvrement environ 55%, malgré les conditions édaphoclimatiques identiques on remarque une variabilité dans le taux de recouvrement entre les cinq parcelles étudiées de la station de Draa el Aoud, cette variabilité à cause de la différence entre ces parcelles dans l'exposition.

II.1.4 La corrélation entre la hauteur et la circonférence :

Dans le but de savoir l'homogénéité des sujets étudiés de la station de Draa el Aoud on a fait une étude pour définir le rapport entre la hauteur et la circonférence par le coefficient de corrélation qui quantifie la force de la relation linéaire entre deux variables.

Le coefficient de corrélation (r) est une valeur sans unité comprise entre 1 et -1, tandis que le coefficient de détermination (r^2) (soit le carré du coefficient de corrélation) est compris entre 0 et 1, il s'agit d'un indicateur indiquant la qualité d'une régression linéaire et montre à quel point la droite de régression est adaptée pour décrire la distribution des points.

- En bref, plus le coefficient de détermination se rapproche de 0, plus le nuage de points se disperse autour de la droite de régression. Au contraire, plus le R^2 tend vers 1, plus le nuage de points se resserre autour de la droite de régression. Quand les points sont exactement alignés sur la droite de régression, alors $R^2 = 1$.

Dans ce contexte, et à l'aide du logiciel tableur Excel, Nous avons tracé les graphes ci-dessous en fonction de la hauteur et la circonférence des sujets étudiés afin de déterminer la relation linéaire entre eux :

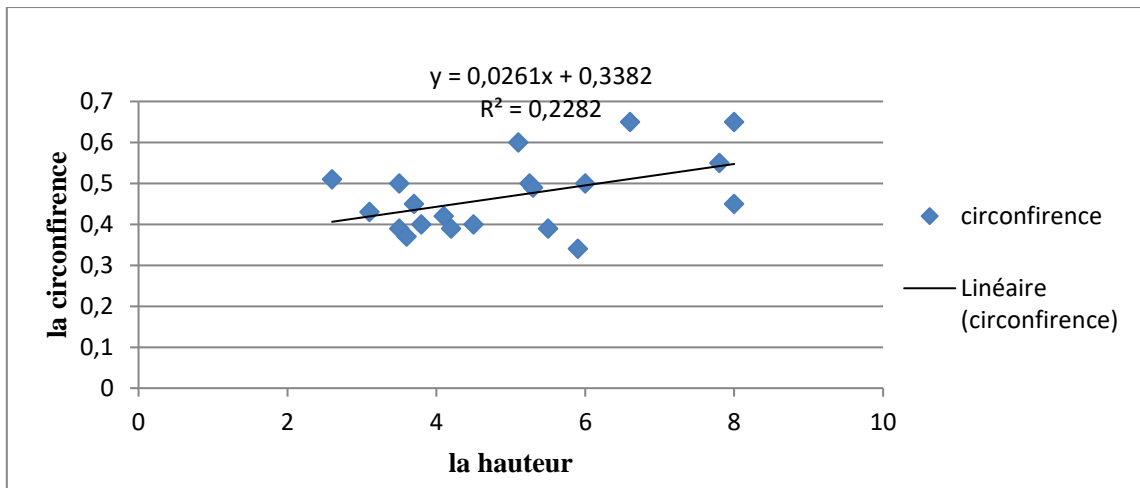


Figure 48 : Relation linière entre la hauteur et la circonférence de la parcelle(A) de la forêt de Draa el aoud

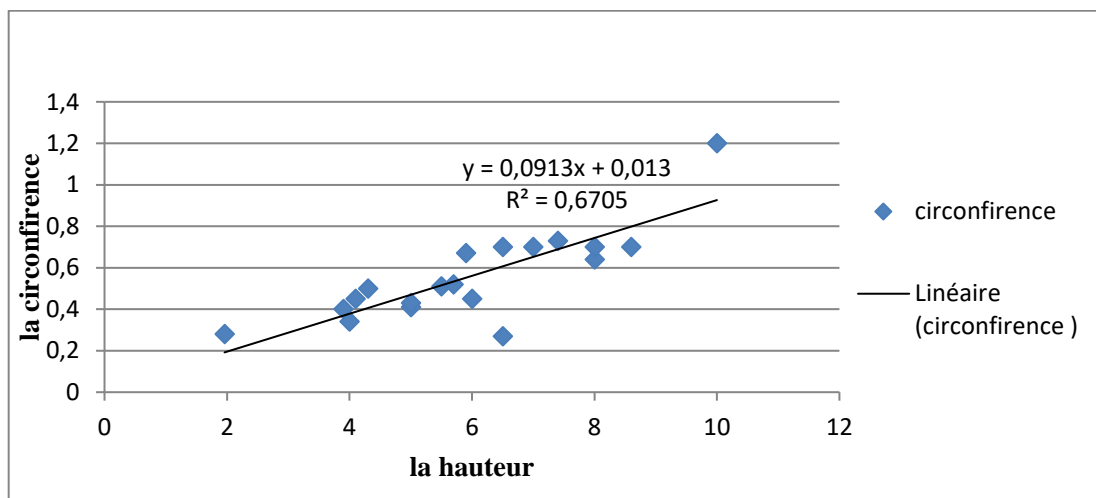


Figure 49 : Relation linière entre la hauteur et la circonférence de la parcelle(B) de la forêt de Draa el aoud

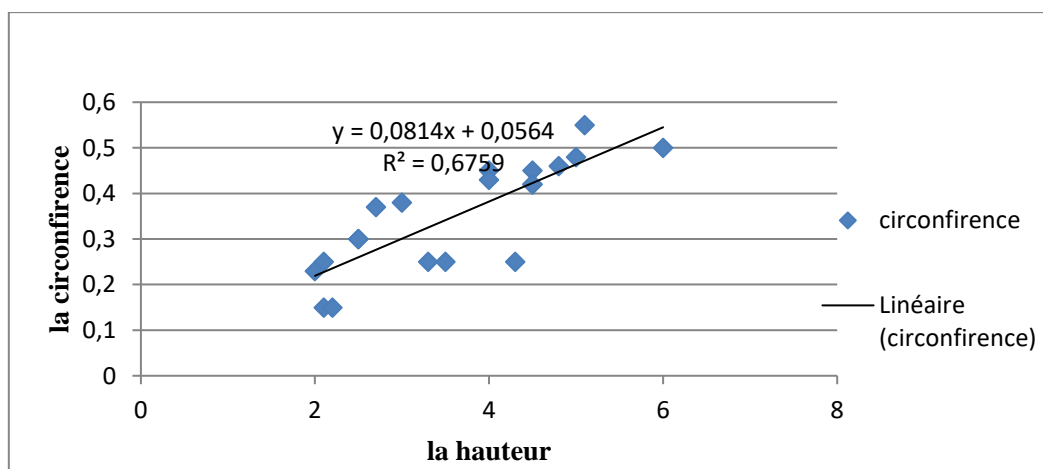


Figure 50 : Relation linière entre hauteur et circonférence de la parcelle (C) de la forêt de Draa el aoud

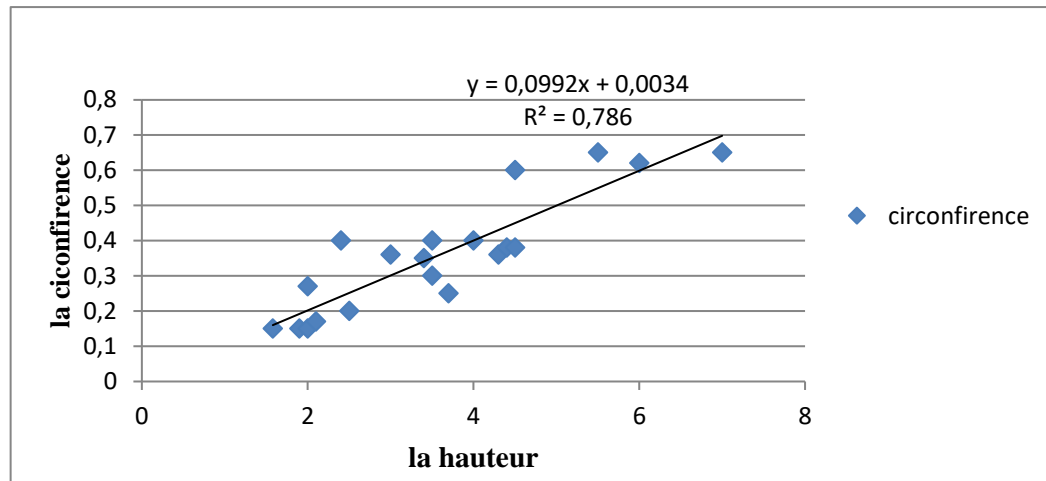


Figure 51: Relation linière entre hauteur et circonférence de la parcelle (D) de la forêt de Draa el aoud

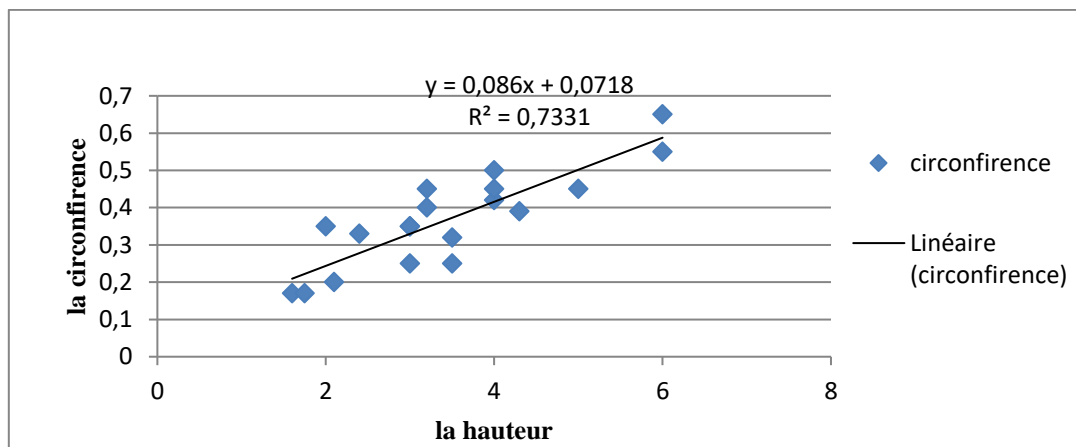


Figure 52 : Relation linière entre hauteur et circonférence de la parcelle (E) de la forêt de Draa el aoud

Interprétation :

Les courbes ce dessus représente la relation linière entre la circonférence et la hauteur des arbres dans les cinq parcelles étudiées de la station de Draa el Aoud (A) et (B) et (C) et (D) et (E), d’après la valeur du coefficient de détermination des parcelles, la parcelle B représente $R^2=0,6705$, parcelle (C) représente $R^2= 0,6759$; parcelle (D) représente $R^2= 0,786$ et parcelle (E) représente $R^2= 0,7331$; ces 4 parcelles représentent des valeurs comprises entre 0.67 et 0.78 (soit r compris entre 0.81 et 0.88) ce que montre que la hauteur des arbres est étroitement liée à la circonférence des sujets, ce que signifie qu’il existe une homogénéité et une croissance des arbres plus au moins normale . Néanmoins, la parcelle (A) a fait l’exception $R^2=0,2282$ (soit $r = 0.47$) ce qui représente une relation linière moyennement faible entre la hauteur et la circonférence, cela peut être due à l’hétérogénéité des arbres de cette parcelle.

III. Résultats sur l'exploitation d'*Artemisia herba-alba* comme bio-pesticide :

a) Technique et nombre d'extraction d'huile essentiel par Hydro-distillation : 5 fois

Rendement de l'huile essentiel obtenu : 5 ml

Interprétation sur les résultats obtenus : les résultats obtenus sur le rendement sont acceptables et suffisants pour réalisés les tests de mortalités

b) Technique et nombre d'extraction des extraits (méthanoïque, éthanoïque, eau distillée) par Soxhlet

Extrait méthanoïque : 01 fois

Extrait éthanoïque : 01 fois

Extrait d'eau distillé : 01 fois

Rendement des extraits obtenus : 100 ml

Interprétation sur les résultats obtenus : les résultats obtenus sur le rendement sont acceptables et suffisants pour réalisés les tests de mortalités



Figure 53 : Récupération de l'extrait brut d'*Artemisia herba-alba*.

Badaoui et Ben aissa (2022)



Figure 54 : Récupération d'huile brute d'*Artemisia herba-alba*.

Badaoui et Ben aissa (2022)

III.1 Test de l'activité bio pesticide de l'huile essentielle et les extraits d'*Artemisia herba-alba* :

Nous avons évalué l'activité bio-pesticide des extraits et d'huile essentielle de la plante *Artemisia herba-alba* contre *Thaumetopoea pityocampa* du pin d'Alep, ces insectes ont été exposées aux différentes traitements des extraits (éthanoïque, méthanoïque, eau distillé) et d'huile essentielle utilisés à des doses et durées d'expositions différentes à savoir : (2µl/ml, 4µl/ml, 6µl/ml) – (24h, 48h, 72h) sous l'effet de deux tests : un contact direct et un contact par inhalation.

➤ **Par contact direct :**

Tableau 17 : Evaluation de la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* du pin par effet contact

Doses	Boîtes	Extrait éthanoïque			Extrait méthanoïque			Extrait eau distillé			Huile essentielle		
		24h	48h	72h	24h	48h	72h	24h	48h	72h	24h	48h	72h
2 µl/ml	Témoin	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
	01	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0/1	0/1	1/1	0/1	0/1	1/1
	02	0/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	0/1	0/1	1/1	0/1	0/1	1/1
4µl/ml	Témoin	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
	01	1/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1
	02	0/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1
6µl/ml	Témoin	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
	01	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1
	02	1/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1

Le tableau 17 ci-dessus montre l'évaluation de mortalité des individus de *Thaumetopoea pityocampa* traité selon des doses varie (2 µl/ml, 4 µl/ml, 6 µl/ml) de l'armoise par l'huile essentielle et les extraits (éthanoïque, méthanoïque, eau distillé) de temps d'exposition variable (24 h, 48 h, 72 h), per effet de contact direct.

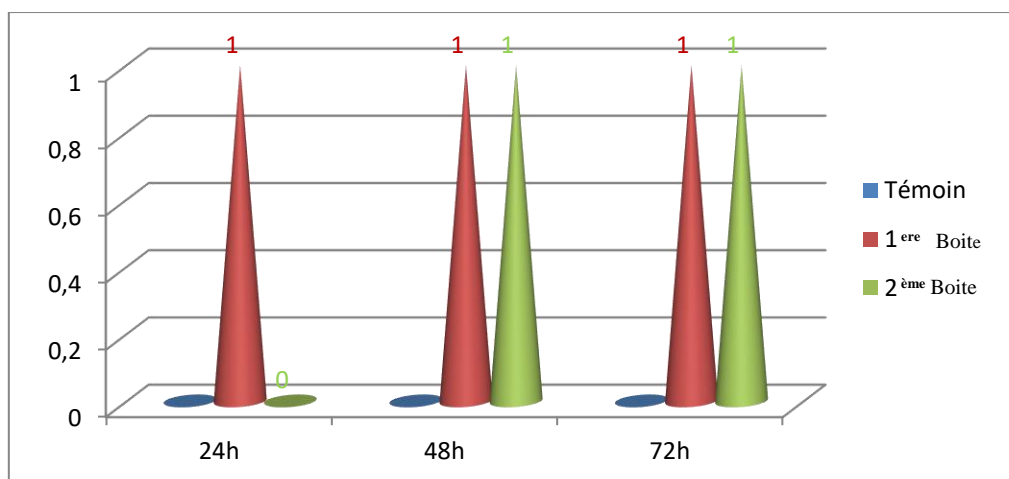


Figure 55 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait éthanoïque au dosage (2µl/ml).

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait éthanoïque d'armoïse au dosage (2µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 48h dans les boîtes.

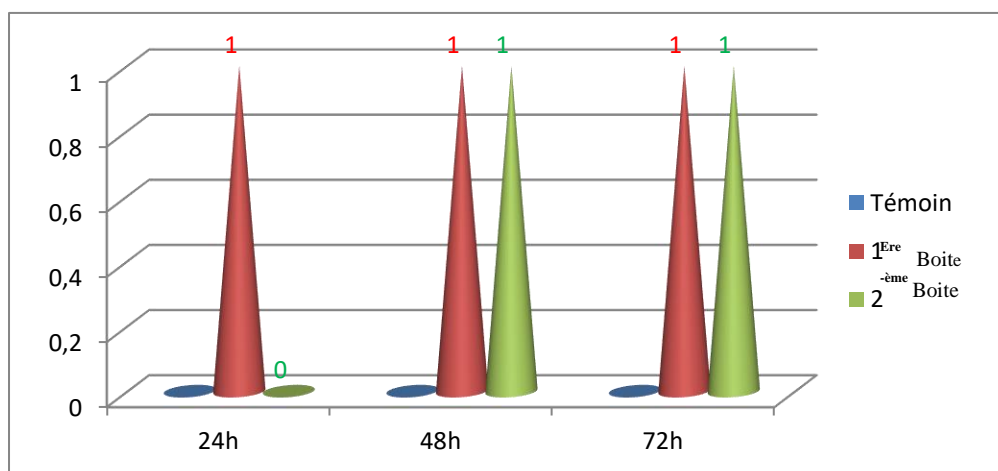


Figure 56 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait méthanoïque au dosage (2µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait méthanoïque d'armoïse au dosage (2µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 48h dans les boîtes.

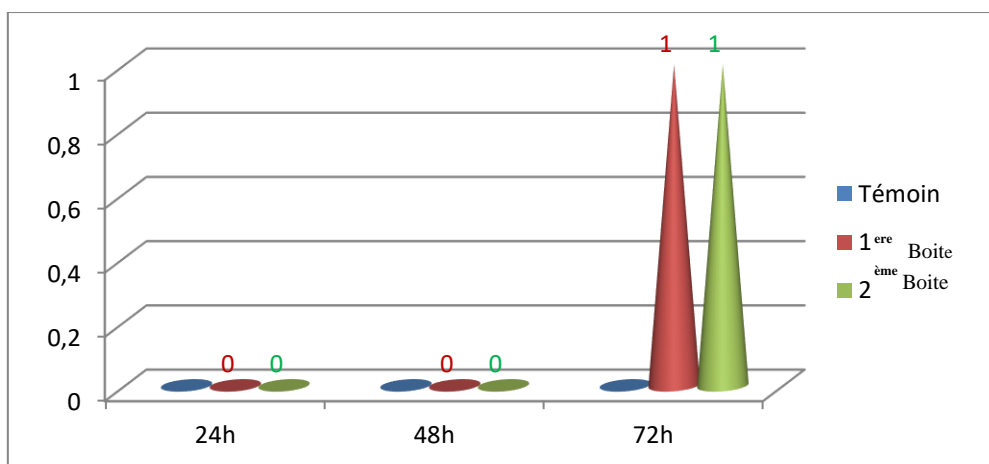


Figure 57 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait d'eau distillé au dosage (2µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait d'eau distillé d'armoise au dosage (2µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 72h dans les boîtes.

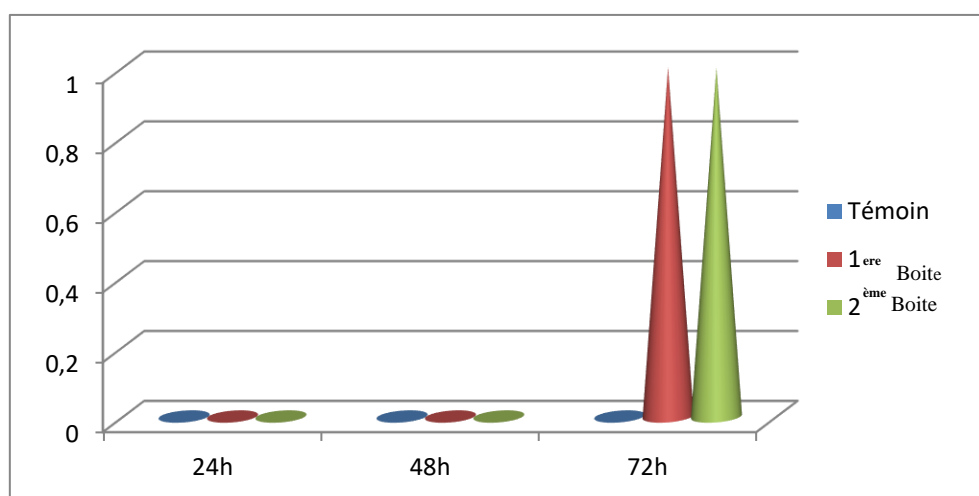


Figure 58 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'huile essentielle au dosage (2µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'huile essentielle d'armoise au dosage (2µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 72h dans les boîtes.

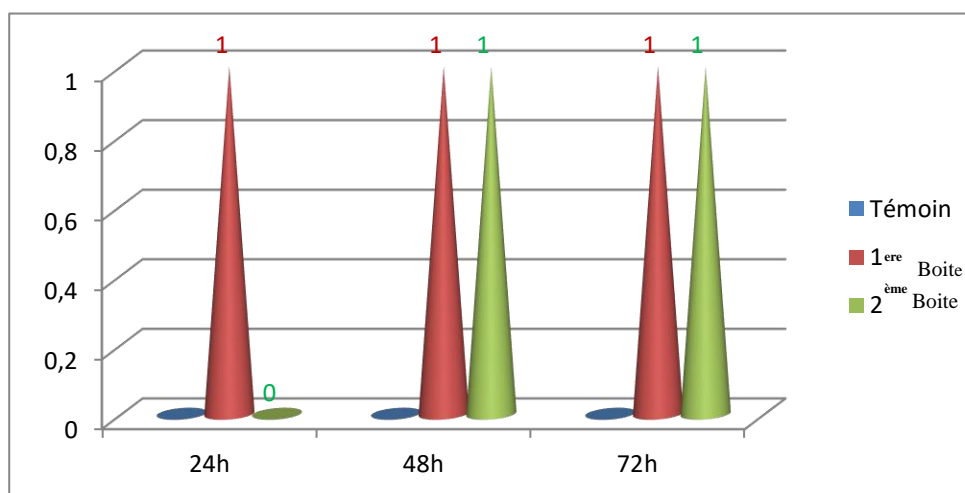


Figure 59 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait éthanoïque au dosage (4µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait éthanoïque d'armoise au dosage (4µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 48h dans les boîtes.

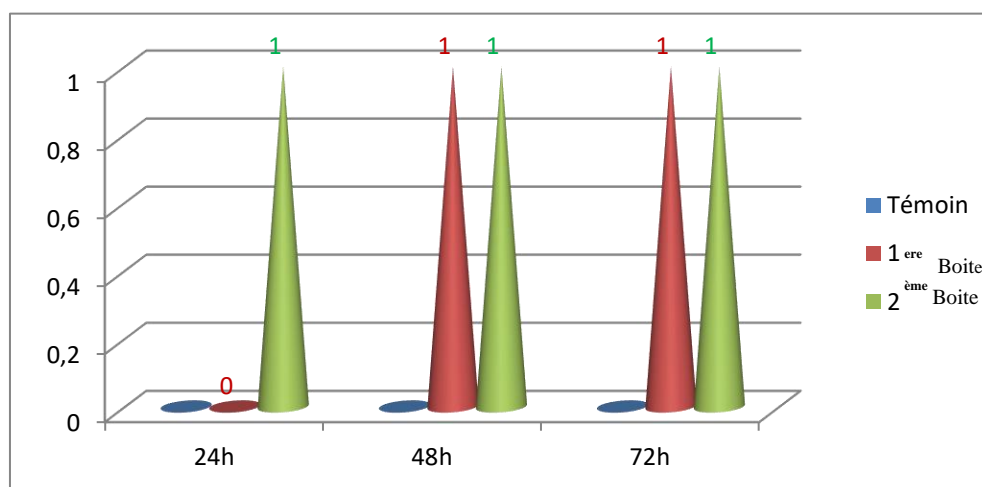


Figure 60 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait méthanoïque au dosage (4µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait méthanoïque d'armoise au dosage (4µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 48h dans les boîtes.

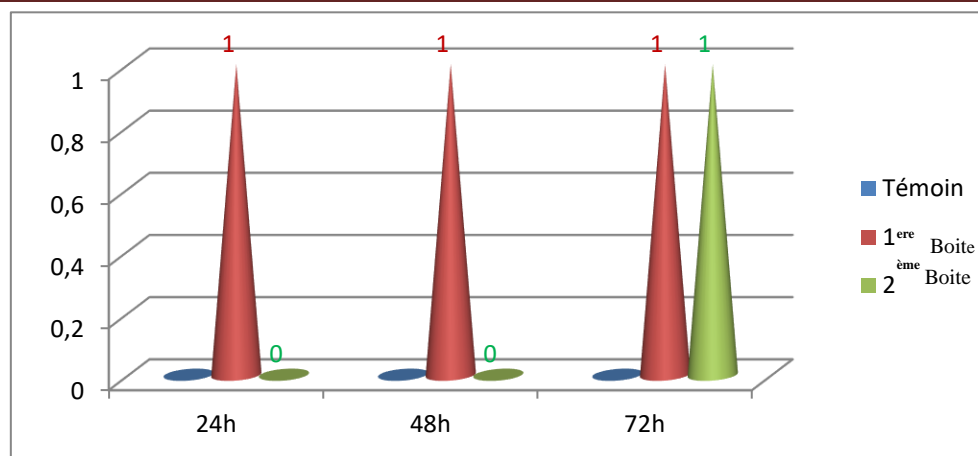


Figure 61: diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait d'eau distillé au dosage (4µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait d'eau distillé d'armoise au dosage (4µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 72h dans les boîtes.

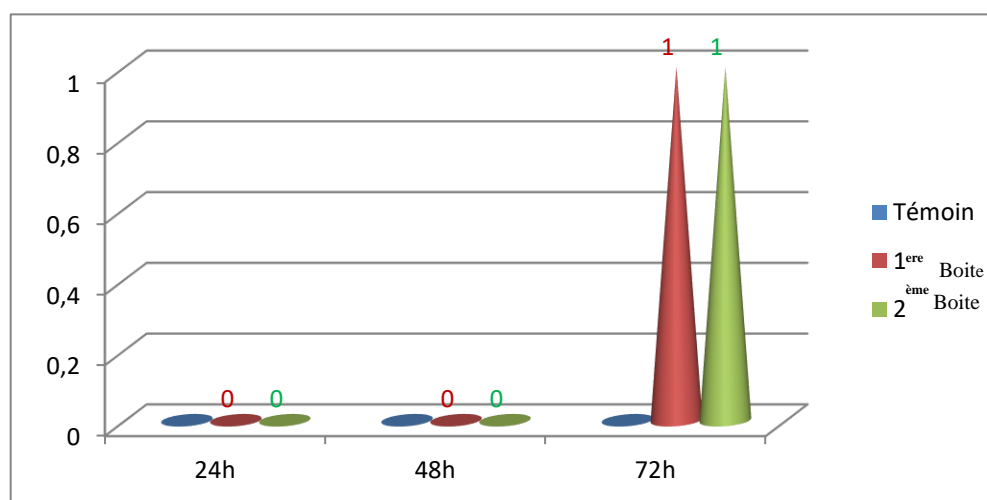


Figure 62: diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'huile essentielle au dosage (4µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de de l'huile essentielle d'armoise au dosage (4µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 72h dans les boîtes.

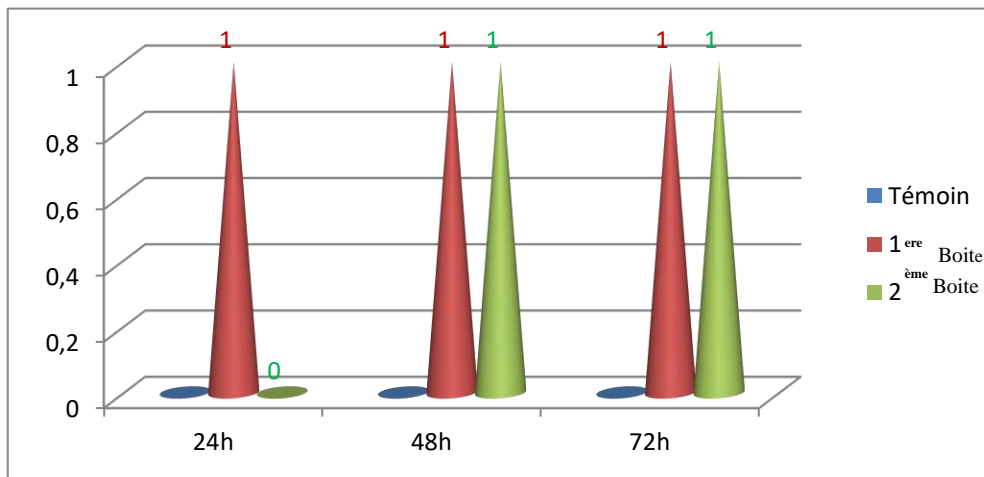


Figure 63: diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait éthanoïque au dosage (6µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait éthanoïque d'armoise au dosage (6µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 48h dans les boites.

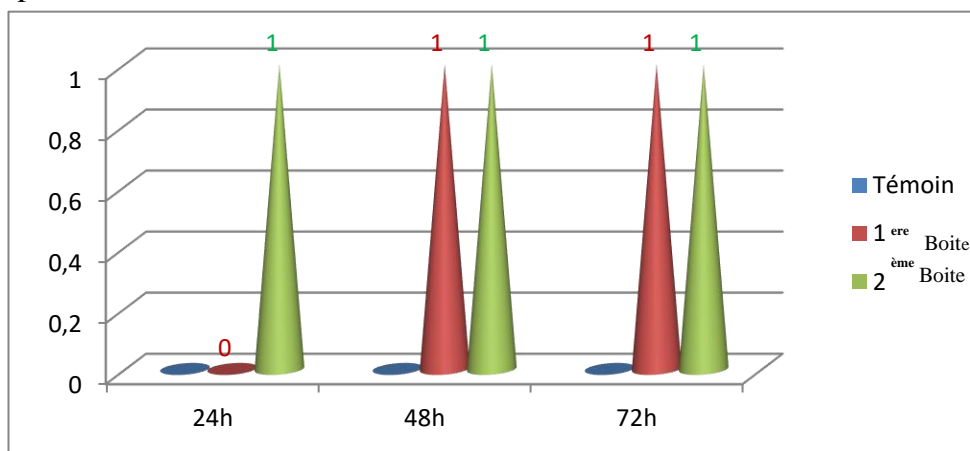


Figure 64 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait méthanoïque au dosage (6µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait méthanoïque d'armoise au dosage (6µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 48h dans les boites.

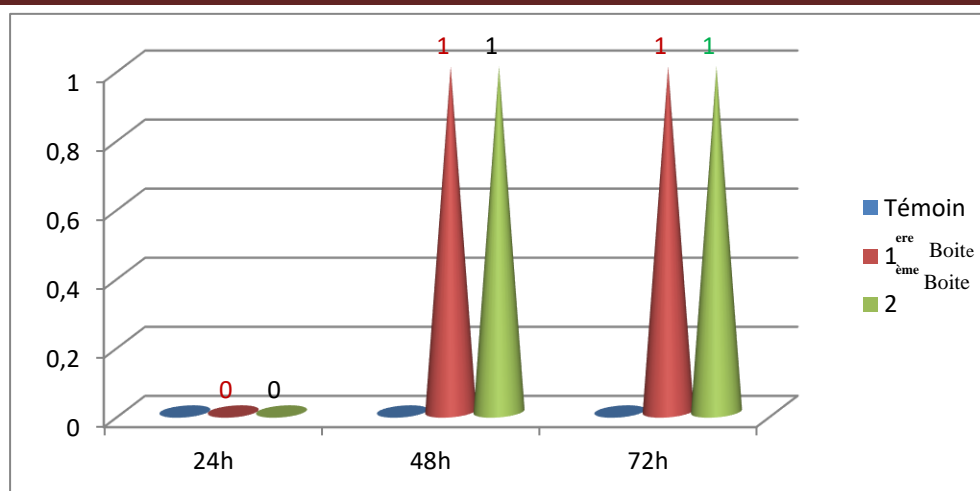


Figure 65: diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait d'eau distillé au dosage (6µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'extrait d'eau distillé d'armoise au dosage (6µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 48h dans les boîtes.

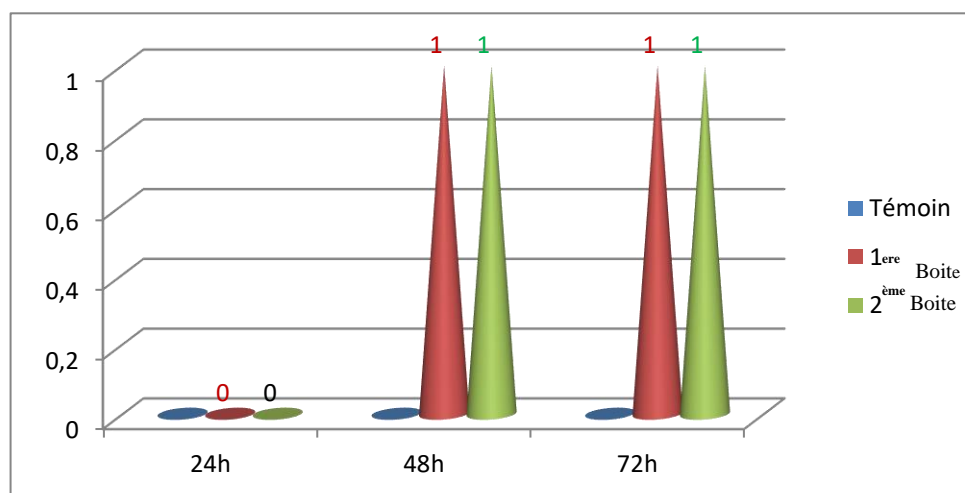


Figure 66: diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'huile essentielle au dosage (6µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact de l'huile essentielle d'armoise au dosage (6µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 48h dans les boîtes.

➤ Par inhalation :

Tableau 18 : Evaluation de la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* de pin par inhalation

Doses	Boîtes	Extrait éthanoïque			Extrait méthanoïque			Extrait eau distillé			Huile essentielle		
		24h	48h	72h	24h	48h	72h	24h	48h	72h	24h	48h	72h
2 µl/ml	Témoin	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
	01	0/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0/1	0/1	1/1	0/1	0/1	1/1
	02	1/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	0/1	0/1	1/1	0/1	0/1	1/1
4µl/ml	Témoin	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
	01	1/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0/1	0/1	1/1
	02	0/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0/1	0/1	1/1	0/1	0/1	1/1
6µl/ml	Témoin	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
	01	1/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1
	02	0/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1	0/1	1/1	1/1

Le tableau 18 ci-dessus montre l'évaluation de mortalité des individus de *Thaumetopoea pityocampa* traité selon des doses varie (2 µl/ml, 4 µl/ml,6 µl/ml) par l'huile essentielle et les extraits (éthanoïque, méthanoïque, eau distillé) d'armoise et de temps d'exposition variable (24 h, 48 h, 72 h), per effet d'inhalation.

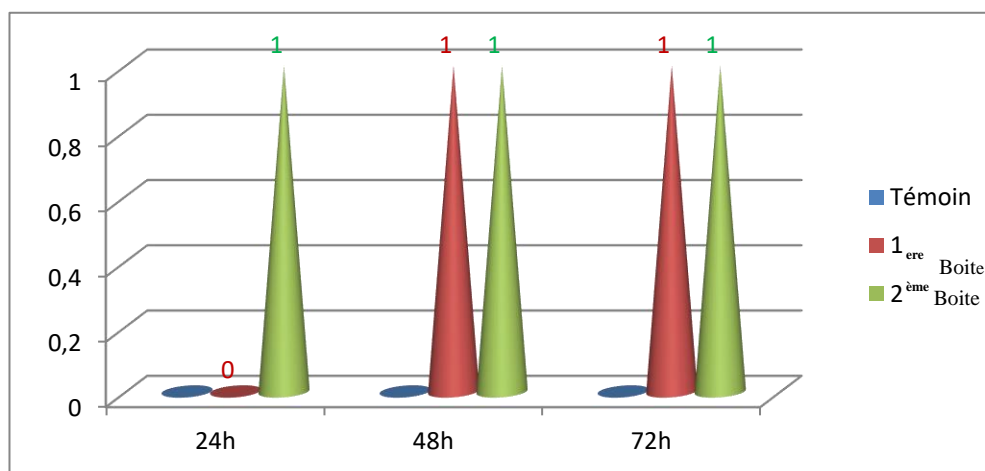


Figure 67 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet d'inhalation de l'extrait éthanoïque au dosage (2µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait éthanoïque d'armoise au dosage (2µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 48h dans les boîtes.

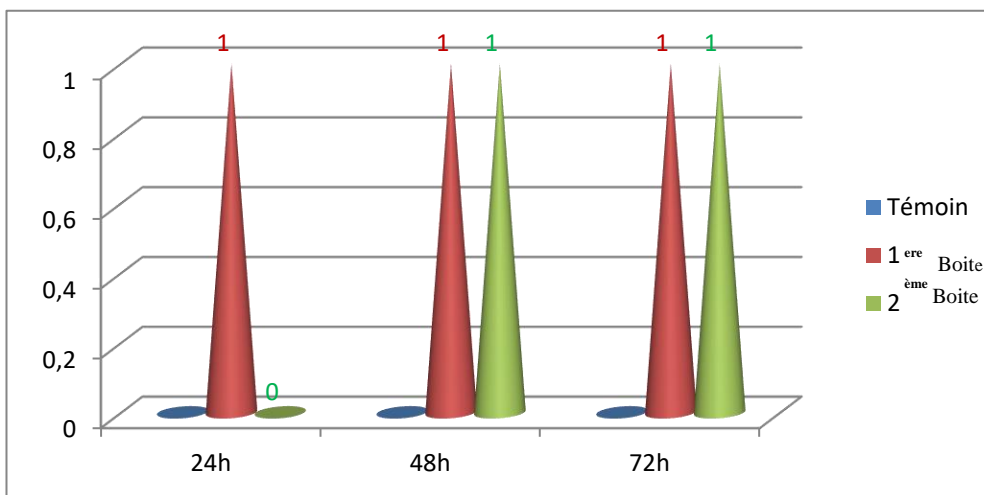


Figure 68 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait méthanoïque au dosage (2µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait méthanoïque d'armoise au dosage (2µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 48h dans les boîtes.

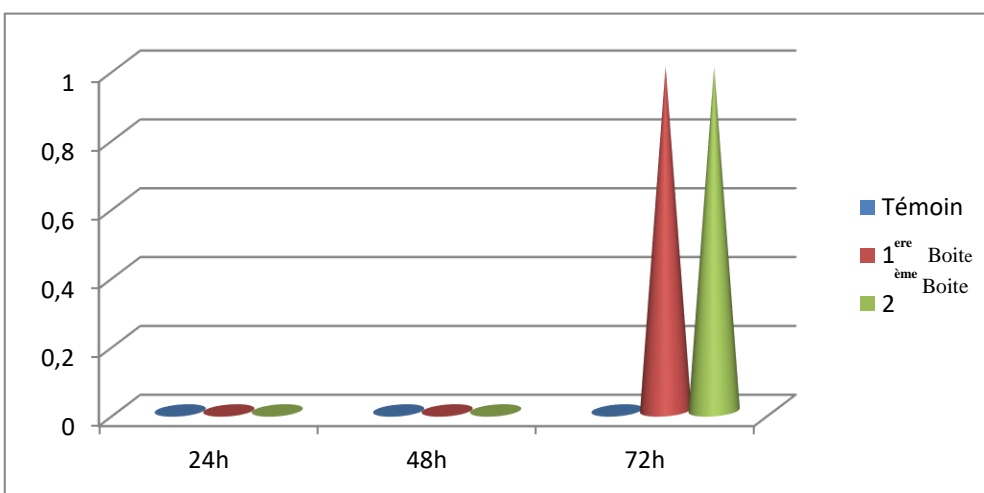


Figure 69 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait d'eau distillé au dosage (2µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait d'eau distillé d'armoise au dosage (2µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 72 h dans les boites.

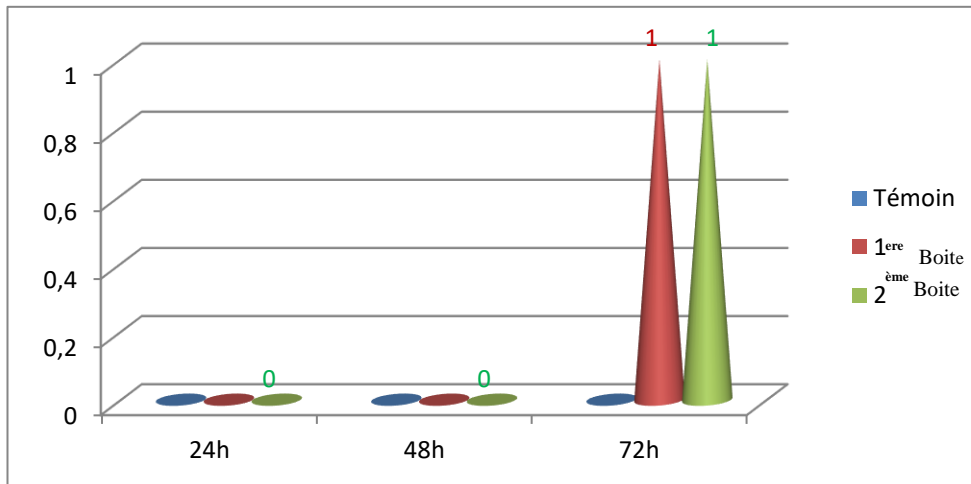


Figure 70 : diagramme représente la mortalité des chenilles processionnaires par effet inhalation de l'huile essentielle au dosage (2µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'huile essentielle d'armoise au dosage (2µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 72 h dans les boites.

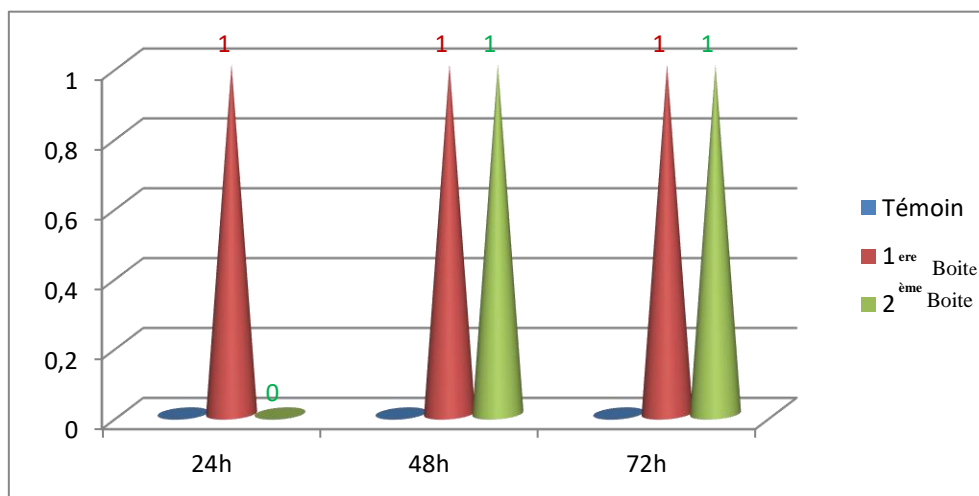


Figure 71 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait éthanoïque au dosage (4µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait éthanoïque d'armoise au dosage (4 μ l/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 48h dans les boites.

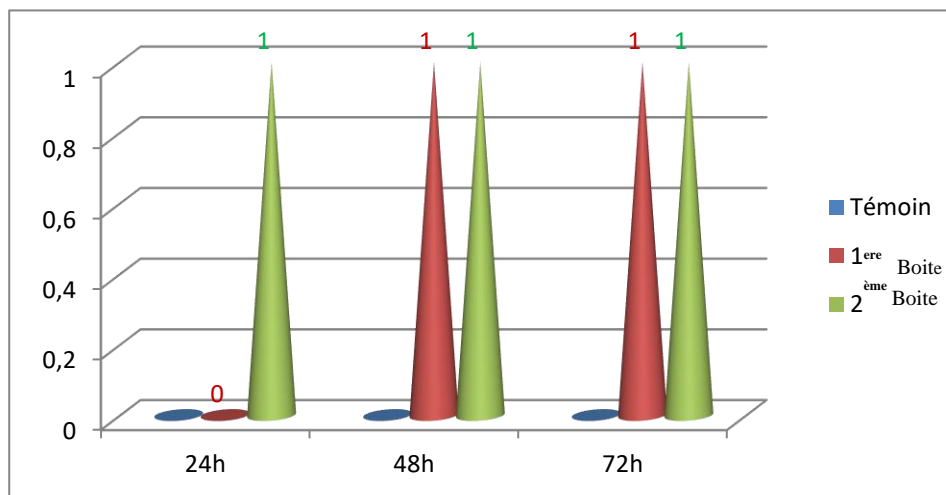


Figure 72 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait méthanoïque au dosage (4 μ l/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait méthanoïque d'armoise au dosage (4 μ l/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 48h dans les boites.

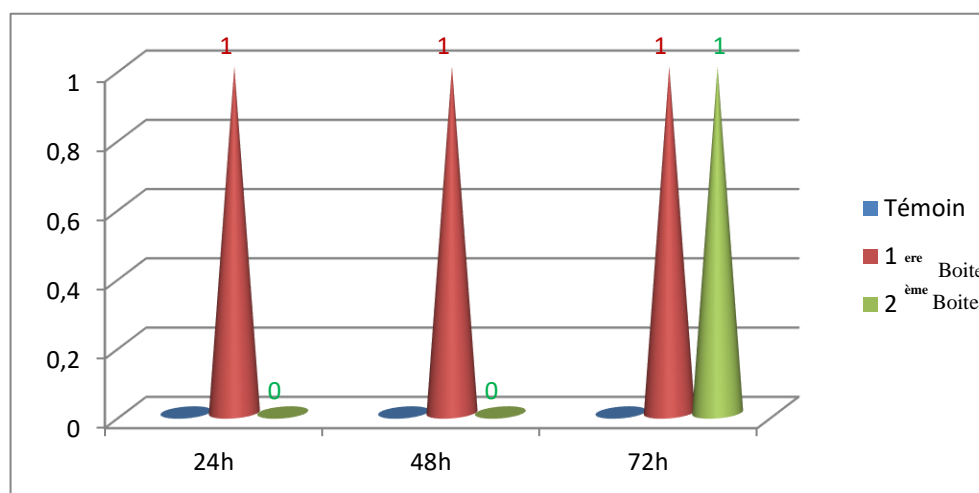


Figure 73 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait d'eau distillé au dosage (4 μ l/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait d'eau distillé d'armoise au dosage (4µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 72h dans les boîtes.

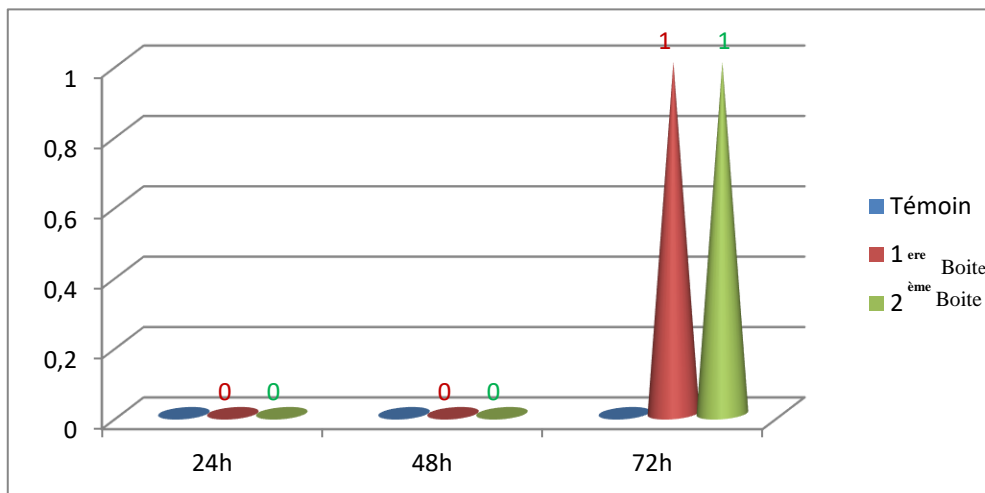


Figure 74 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'huile essentielle au dosage (4µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'huile essentielle d'armoise au dosage (4µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 72h dans les boîtes.

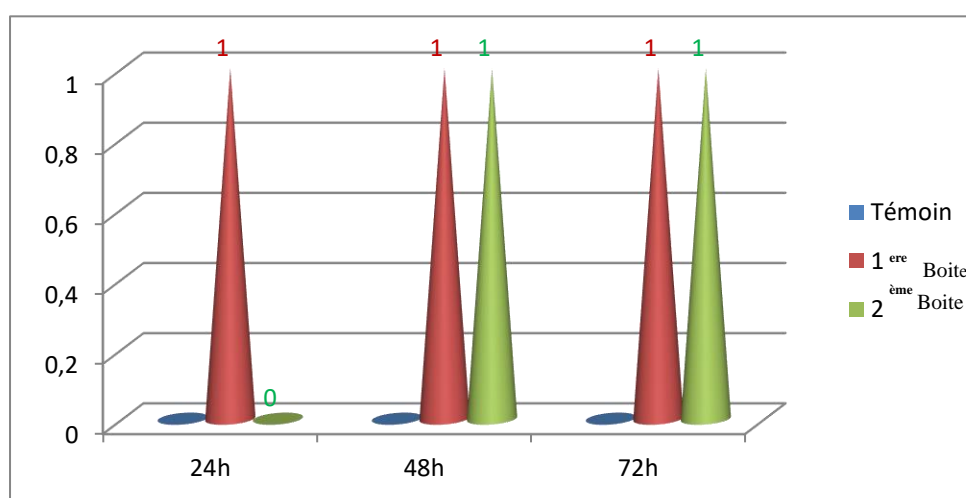


Figure 75 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait éthanoïque au dosage (6µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait éthanoïque d'armoise au dosage (6µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 48h dans les boites.

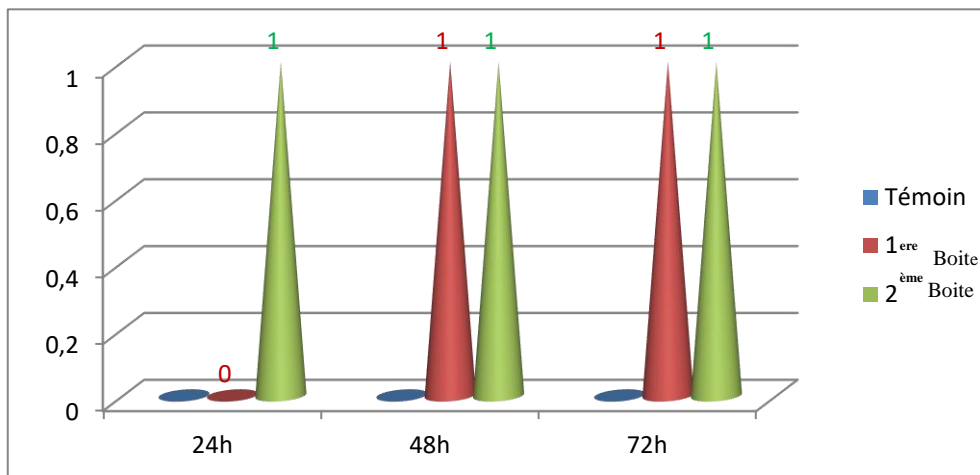


Figure 76 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait méthanoïque au dosage (6µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait méthanoïque d'armoise au dosage (6µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 48h dans les boites.

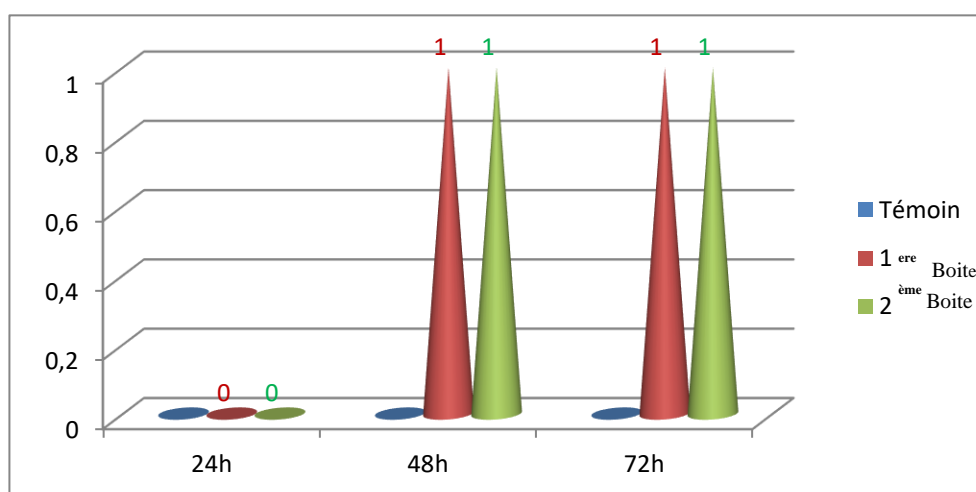


Figure 77 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait d'eau distillé au dosage (6µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait d'eau distillé d'armoise au dosage (6µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 48h dans les boites.

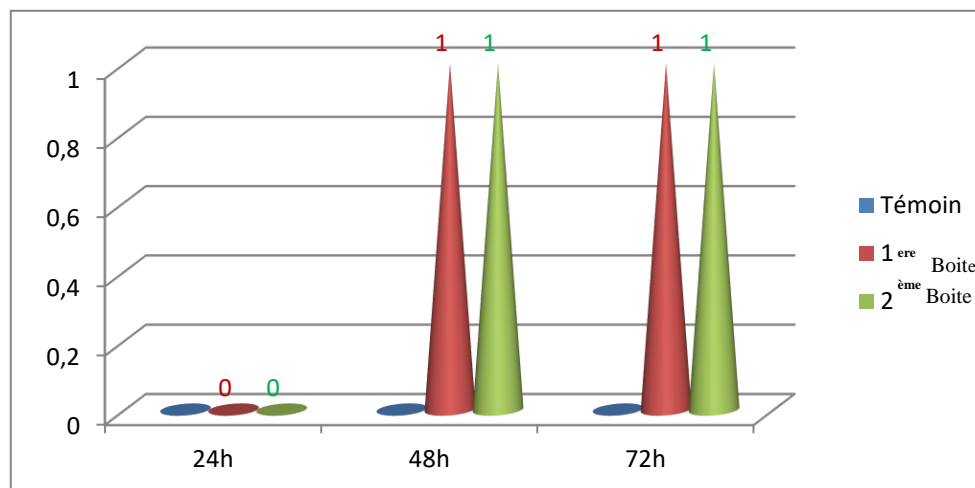


Figure 78 : diagramme représente la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait d'eau distillé au dosage (6µl/ml)

Interprétation :

Les résultats obtenus sur la mortalité des *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation de l'extrait d'eau distillé d'armoise au dosage (6µl/ml) montrant que le plus grand nombre des mortalités ont été enregistrés après 48h dans les boites.

III.2 potentialités bio pesticide de l'huile essentielle et les extraits d'*Artemisia herba alba* sur le taux de mortalité :

➤ **Par effet contact :**

Tableau 19 : Evaluation de la mortalité des individus de *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact

Doses	Extrait méthanol			Extrait éthanol			Extrait d'eau			L'huile essentielle		
	24h	48h	72h	24h	48h	72h	24h	48h	72h	24h	48h	72h
2µl/ml	50%	100%	100%	50%	100%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	100%
4µl/ml	50%	100%	100%	0%	100%	100%	0%	100%	100%	0%	100%	100%
6µl/ml	100%	100%	100%	50%	100%	100%	50%	100%	100%	0%	100%	100%

Le tableau 19 ci-dessus montre le taux de mortalité en (%) des individus de la chenille processionnaire traité selon des doses variées (2 µl/ml, 4 µl/ml, 6 µl/ml) par l'huile essentielle et les extraits (éthanoïque, méthanoïque, eau distillée) de temps d'exposition variable (24 h, 48 h, 72 h), par effet de contact direct, nous remarquons que les taux de mortalité varient de 0 % à 100 %. Nous constatons que le taux de mortalité augmente en fonction du temps. Aucune mortalité n'a été signalée pour le lot témoin.

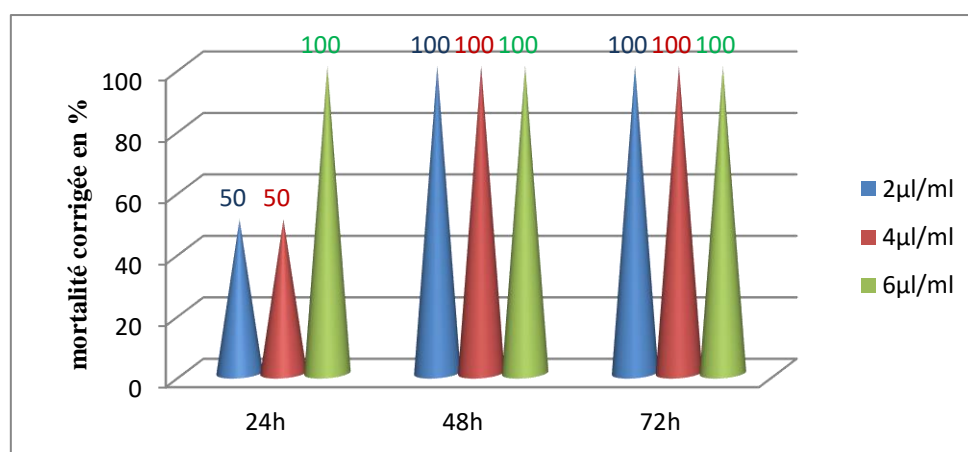


Figure 79: Efficacité de l'extrait méthanoïque sur le taux de mortalité *Thaumetopoea pityocampa* par effet de contact direct

Interprétation :

La représentation graphique dans la figure 79 indique l'évolution des taux de mortalité de *Thaumetopoea pityocampa* par la dose de l'extrait méthanoïque d'*Artemisia herba alba* de temps d'exposition variable. On remarque un effet bio-pesticide important après les 48 h pour les trois doses choisies comparativement aux témoins. En effet les témoins n'ont enregistré aucune mortalité.

Après 72h d'exposition au traitement ; les doses étudiées ont montré une activité bio-pesticide pour les doses 2 µl/ml et 4 µl/ml et 6 µl/ml de 100%.

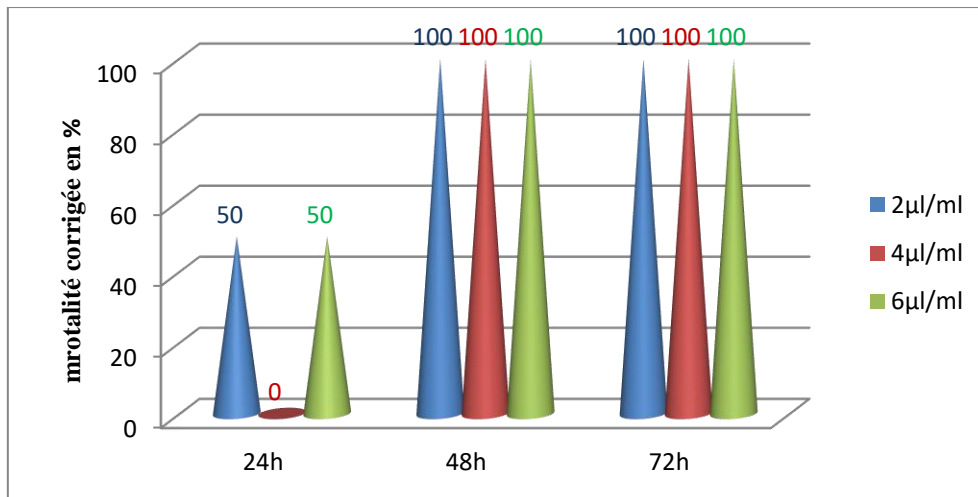


Figure 80: Efficacité de l'extrait éthanoïque sur le taux de mortalité de *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact direct

Interprétation :

Les résultats obtenus montrent que les taux de mortalités varient de 50 % à 100 % suite à l'exposition des individus de *Thaumetopoea pityocampa* à des doses différentes de 2 μl/ml et 4 μl/ml et 6 μl/ml de l'extrait éthanoïque. Au bout de 24h, le pourcentage de mortalité a atteint 50%, augmente par la suite pour atteindre 100 % en temps respectifs de 48 et 72 h. Nous constatons que le taux de mortalité augmente en fonction du temps. Par ailleurs aucune mortalité n'a été signalée pour le lot témoin.

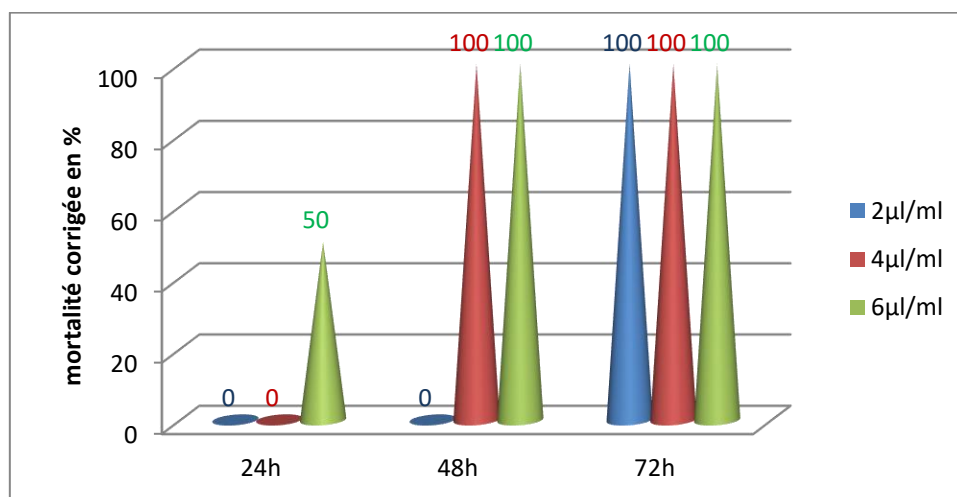


Figure 81: Efficacité de l'extrait d'eau distillée sur le taux de mortalité de *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact direct

Interprétation :

La figure 81 illustre l'évolution des taux de mortalité corrigée de de *Thaumetopoea pityocampa* de temps d'exposition variable et de la dose de l'extrait d'*Artemisia herba alba* utilisée, les doses de l'eau distillé 2 μ l/ml et 4 μ l/ml et 6 μ l/ml ont provoqué une mortalité respective de 50% à 100% à partir de 24h jusqu'à 72h. Il en ressort que la plus forte dose 6 μ l/ml occasionne une mortalité totale de 100% des chenilles processionnaires traités au 72h d'exposition. En effet les témoins n'ont enregistré aucune mortalité.

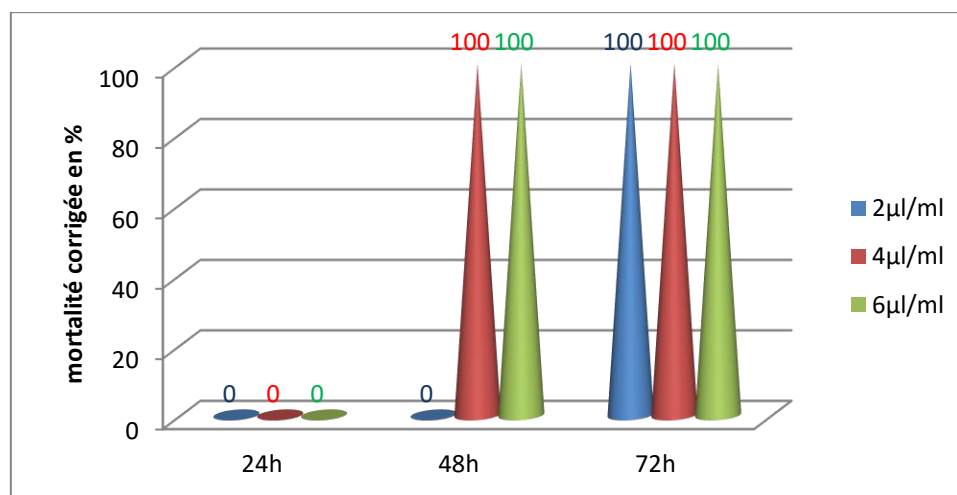


Figure 82: Efficacité de l'huile essentielle sur le taux de mortalité de *Thaumetopoea pityocampa* par effet contact direct

Interprétation :

Les résultats obtenus montrent que les taux de mortalités varient de 0 % à 100 % suite à l'exposition des individus de *Thaumetopoea pityocampa* à des doses différentes de 2 μ l/ml et 4 μ l/ml et 6 μ l/ml de l'huile essentielle. Au bout de 24h, le pourcentage de mortalité a atteint 0%, augmente par la suite pour atteindre 100 % en temps respectifs de 48 et 72 h. Nous constatons que le taux de mortalité augmente en fonction du temps. Par ailleurs aucune mortalité n'a été signalée pour le lot témoin.

Tableau 20 : Evaluation de la mortalité des individus de *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation

➤ Par effet inhalation :

Doses	Extrait méthanol			Extrait éthanol			Extrait d'eau			L'huile essentielle		
	24h	48h	72h	24h	48h	72h	24h	48h	72h	24h	48h	72h
2µl/ml	50%	100%	100%	50%	100%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	100%
4µl/ml	50%	100%	100%	50%	100%	100%	50%	50%	100%	0%	0%	100%
6µl/ml	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	100%	100%	0%	100%	100%

D'après le tableau ci-dessus les résultats obtenus montrent une diminution considérable du nombre des individus de *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation à l'huile essentielle et les extraits (éthanoïque, méthanoïque, eau distillé) d'armoise pour toutes les doses testées (2 µl/ml, 4 µl/ml, 6 µl/ml) de temps d'exposition variable (24 h, 48 h, 72 h). A la lumière de ces résultats, il ressent que plus la dose est élevée plus le taux de mortalité augmente. Par ailleurs, avec la plus faible dose (2µ / ml) le pourcentage de mortalité est diminué.

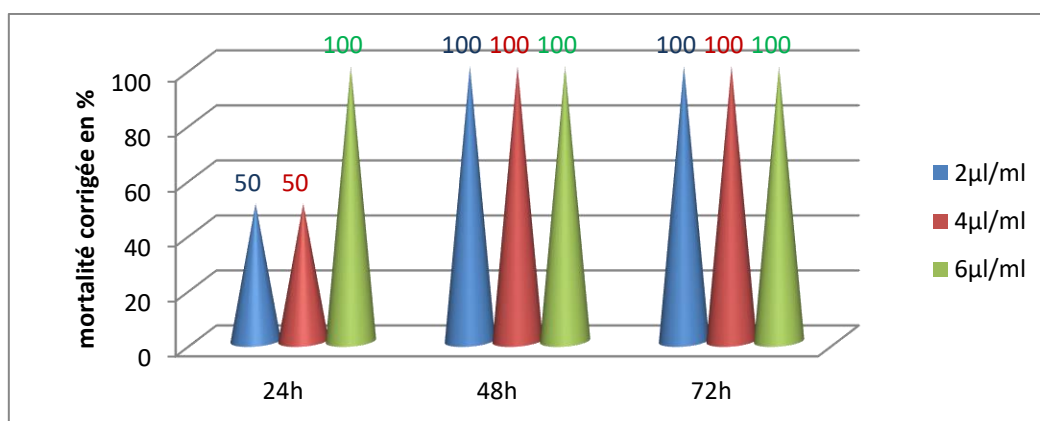


Figure 83 : Efficacité de l'extrait méthanoïque sur le taux de mortalité de *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation

Interprétation :

La représentation graphique dans la figure 83 indique l'évolution des taux de mortalité de *Thaumetopoea pityocampa* par la dose de l'extrait méthanoïque d'*Artemisia herba alba* par effet inhalation de temps d'exposition variable. On remarque un effet bio pesticide important après les 48

h pour les trois doses choisies comparativement aux témoins. En effet les témoins n'ont enregistré aucune mortalité.

Après 48h d'exposition au traitement ; les doses étudiées ont montré une activité bio-pesticide pour les doses 2 µl/ml et 4 µl/ml et 6 µl/ml de 100%.

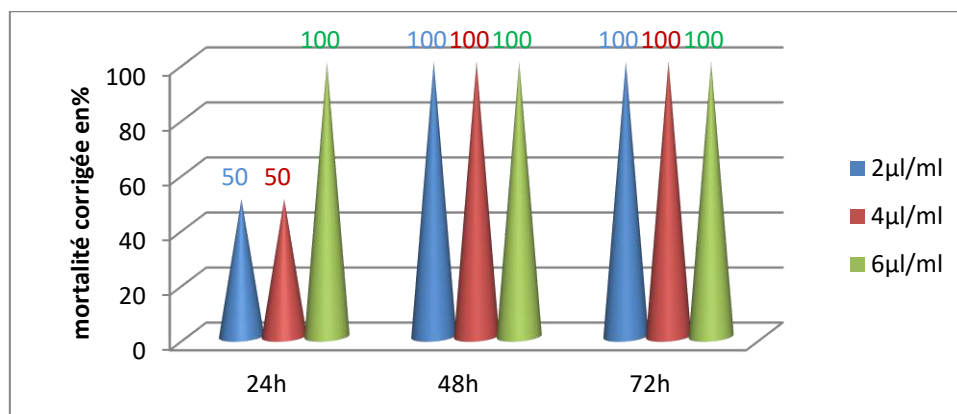


Figure 84 : Efficacité de l'extrait éthanoïque sur le taux de mortalité de *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation

Interprétation :

Les résultats obtenus montrent que les taux de mortalités varient de 50 % à 100 % suite à l'exposition des individus de *Thaumetopoea pityocampa* a des doses déférentes de 2 µl/ml et 4µl/ml et 6µl/ml de l'extrait éthanoïque par effet inhalation. Au bout de 24h, le pourcentage de mortalité a atteint 50%, augmente par la suite pour atteindre 100 % en temps respectifs de 48 et 72 h. Nous constatons que le taux de mortalité augmente en fonction du temps. Par ailleurs aucune mortalité n'a été signalée pour le lot témoin.

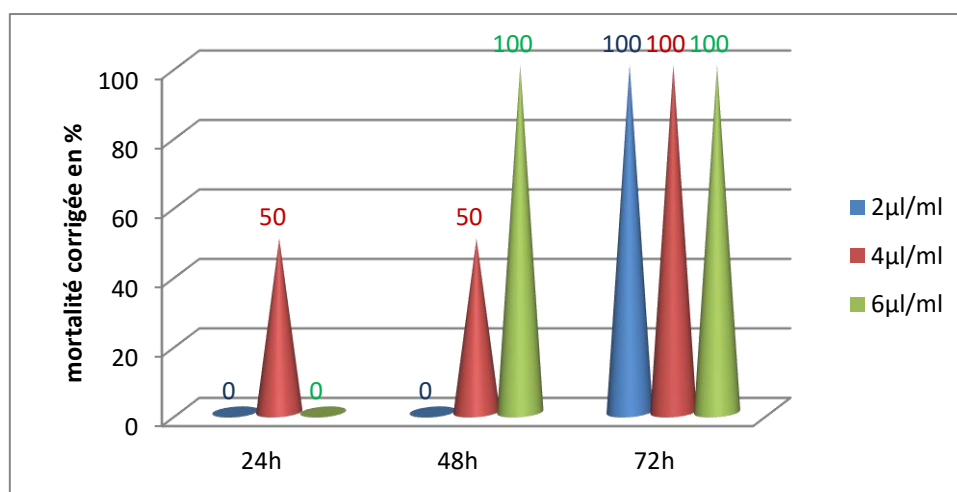


Figure 85 : Efficacité de l'extrait d'eau distillé sur le taux de mortalité de *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation

Interprétation :

L'analyse des résultats représentés sur **la figure 85** montre que les taux de mortalités varient de 50 % à 100 % suite à l'exposition des individus de *Thaumetopoea pityocampa* a des doses déférentes de 2 μ l/ml et 4 μ l/ml et 6 μ l/ml de l'extrait d'eau distillé par effet inhalation. Au bout de 24h, le pourcentage de mortalité a atteint 50%, augmente par la suite pour atteindre 100 % en temps respectifs de 72 h. Nous constatons que le taux de mortalité augmente en fonction du temps. Par ailleurs aucune mortalité n'a été signalée pour le lot témoin.

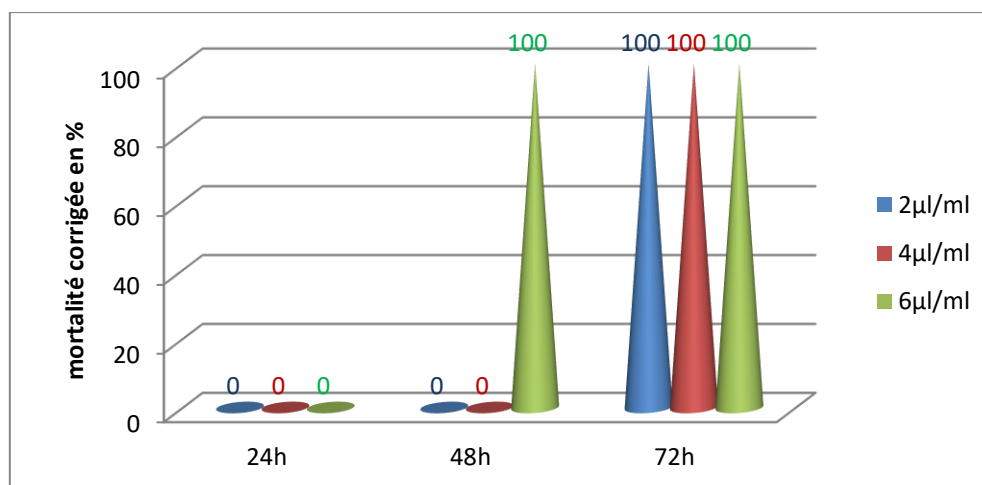


Figure 86 : Efficacité de l'huile essentielle sur le taux de mortalité de *Thaumetopoea pityocampa* par effet inhalation

Interprétation :

La représentation graphique dans **la figure 86** indique l'évolution des taux de mortalité de *Thaumetopoea pityocampa* par la dose de l'huile essentielle d'*Artemisia herba alba* par effet inhalation de temps d'exposition variable. On remarque un effet bio pesticide important après les 72 h pour les trois doses choisies comparativement aux témoins. En effet les témoins n'ont enregistré aucune mortalité.

Après 72h d'exposition au traitement ; les doses étudiées ont montré une activité bio-pesticide pour les doses 2 μ l/ml et 4 μ l/ml et 6 μ l/ml de 100%.

IV. Dose létale et temps létale :

Les doses létales sont les doses dont 50% et 90 % de la population de *Thaumetopoea pityocampa* est morte.

Les temps létaux sont les doses dont 50% et 90 % de la population de *Thaumetopoea pityocampa* est morte.

a. Dose létale DL50 et DL90 :

D'après les résultats obtenus sur la détermination des doses létales, 50 % de la population des *Thaumetopoea pityocampa* est mort au niveau de la dose 2µl /ml dans les deux cas (contact direct et inhalation).

Par contre les doses létales dont 90% de la population des *Thaumetopoea pityocampa* est mort ont été enregistrées au niveau de la dose 6µl /ml dans les deux cas (contact direct et inhalation).

b. Temps létale 50 et temps létale 90 :

Dans le contact direct et inhalation : T50 a été enregistré à 24h.

Dans le contact direct et inhalation : T90 a été enregistré à 48h

Interprétation :

D'après nos résultats on remarque que l'activité bio pesticide des extraits et d'huile *d'Artemisia herba alba* sont les mêmes. *Donc* les deux tests de contact sont efficaces avec des taux de mortalités très élevés.

V. Discussion :

Vu la nuisibilité importante et les dégâts énormes causées par les insectes ravageurs des forêts algériennes notamment les pinèdes, et dans le but de valoriser et de protéger ce patrimoine floristique, nous avons tenté de contribuer à l'évaluation phytosanitaire des forêts de la région de Naâma par une étude entomofaunique qui vise :

- a- L'identification des insectes ravageurs à travers la station étudiée « Draa el Aoud » ainsi que les causes de leurs attaques qui se manifestent sur les caractéristiques dendrométriques.
- b- La recherche des alternatives aux pesticides chimiques par l'utilisation des bio pesticides à base des plantes afin de lutter contre ces ravageurs et de réduire le recours aux produits chimiques synthétiques nocifs pour l'environnement.

A l'instar des résultats de **Talbi (2019)** et à travers notre étude, nous avons remarqué que la forêt de Draa El Aoud souffre d'une dégradation énorme en état sanitaire.

Le nombre d'arbres touchés est très élevé à causes des conditions édaphoclimatiques défavorables. L'état chétif et le faible développement des arbres aggravent leurs susceptibilités aux attaques des ravageurs notamment la *Thaumetopoea pityocampa* considérée comme la plus propagée dans la zone d'étude par rapport aux autres espèces. Cette dernière est l'un des ravageurs forestiers les plus nuisibles qui provoquent des dégâts considérables, dont les symptômes et les indices de présence sont plus ou moins remarquables à savoir : la défoliation, les trous et les galeries des scolytes au niveau d'écorce qui cause le dépérissement du pin d'Alep dans notre station d'étude.

Après avoir identifié les ennemies naturelles du pin, nous avons remarqué l'absence totale des champignons, cette absence peut être due au manque des conditions de vie nécessaires pour le développement de ce ravageur comme l'humidité.

Notons que les forêts naturelles sont des formations tolérantes, par contre les forêts artificielles telle que notre station d'étude, sont moins résistantes, elles représentent des hôtes faciles pour les différents ravageurs.

L'examen de l'état sanitaire et l'analyse des taux d'infestation par le ravageur principal du pin « *Thaumetopoea pityocampa* » ; montre que le pourcentage des sujets défoliés est étroitement lié au taux des attaques de la chenille processionnaire du pin ; ces résultats confirment que les symptômes de la défoliation sont causés par cette espèce.

La hauteur moyenne des arbres dans la forêt de Draa el Aoud a été faible par rapport la hauteur des arbres dans les zones humides a cause des facteurs édaphiques (l'humidité et la porosité faible du sol et le problème de calcaire), des facteurs climatiques défavorable comme le gelé, la pluviométrie faible ; la température élevé. (KADIK, 1983)

Parmi les autres facteurs qui influent sur le développement de l'espèce, nous citons l'adaptation et les interactions entre les plantes et leurs milieux et le facteur « altitude » de la zone.

BROCHIERO et al. (1999) notent que les altitudes supérieures à 600 mètres sont limitantes pour le développement de l'espèce. Néanmoins, notre station d'étude est située à 1112 m d'altitude.

D'après la valeur du coefficient de détermination des parcelles, les 4 parcelles (B) et (C) et (D) et (E), représentent des valeurs comprises entre 0.67 et 0.78 (soit r compris entre 0.81 et 0.88) et ce que montre que la hauteur des arbres est étroitement liée à la circonférence des sujets, ce que signifie qu'il existe une homogénéité et une croissance des arbres plus au moins normale. Néanmoins, la parcelle (A) a fait l'exception $R^2 = 0,2282$ (soit $r = 0.47$) ce qui représente une relation linéaire moyennement faible entre la hauteur et la circonférence, cela peut être due à une l'hétérogénéité des arbres de cette parcelle

Les attaques des ravageurs peuvent endommager des grandes surfaces forestières et contribuer à la dégradation des écosystèmes naturels si nous ne trouvons pas la lutte adéquate dans les périodes de traitements.

De nombreux travaux ont mis en évidence l'action des huiles essentielles et de leurs extraits sur la longévité des individus des espèces ravageurs des plantes. Ces travaux ont montré que la volatilité importante de ces produits exerce des effets bio-pesticide et réduise ou perturbe la croissance de l'insecte à différents stades de leur vie.

Dans ce contexte, nous avons testé l'effet bio-pesticide des huiles essentielles et de leurs extraits (éthanoïque, méthanoïque, eau distillé) à partir d'une plante méditerranéenne sur des sujets de *Thaumetopoea pityocampa*. Cette étude s'est basée sur l'évolution de l'effet létale sur les adultes (longévité) exposés aux différentes doses.

Les résultats obtenus montrent que les huiles essentielles et les extraits (éthanoïque, méthanoïque, eau distillé) extraites des feuilles d'une plante aromatique d'Armoise (*A. herba-alba*), présentent un effet bio-pesticide sur les individus de la chenille processionnaire. En effet, les études toxicologiques permettent de déterminer l'efficacité de l'huile essentielle et les extraits (éthanoïque, méthanoïque, eau distillé) à partir de la mortalité enregistrée chez les individus.

A travers cette étude nous avons tenté d'évaluer l'effet bio-pesticide des huiles essentielles et de leurs extraits par inhalation et contact direct sur les individus de *Thaumetopoea pityocampa* en fonction des doses et de durées d'exposition.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus sur la chenille processionnaire du pin d'Alep par de nombreux auteurs notamment **REGNAULT-ROGER et HAMRAOUI (1995)** et **BOUCHIKHI TANI et al. (2011)**, qui ont montré que les huiles essentielles et les extraits de nombreuses plantes aromatiques ont un effet bio pesticide par effet inhalation et contact direct.

Les résultats obtenus de **BELKACEMI Ouafa et MOKHTARI Amina (2019)** démontrent que la forte activité bio-pesticide est celle exécrée par l'huile essentielle. Ajoutons que plusieurs études confirment que l'activité biologique d'une huile essentielle est à mettre en relation avec ses compositions chimiques qui agissent de manière synergique.

Conclusion générale

Au terme de ce travail portant sur un diagnostic de l'état sanitaire des peuplements naturels de Pin d'Alep dans la station de Draa el Aoud on n'a conclu que cette dernière soumise à une dégradation continue au cours du temps à cause d'attaques des ravageurs qui affaiblissent les arbres ainsi que les facteurs climatiques et édaphiques défavorables et les facteurs anthropiques.

D'après notre étude dendrométrique et l'évaluation phytosanitaire de la forêt de Draa el Aoud vis-à-vis de ces ravageurs et l'analyse de bilan d'infestation par ces ennemis, cette analyse des données récoltées nous a permis de conclure que notre station d'étude a subi une infestation forte par la chenille processionnaire du pin qui attaque la partie aérienne de l'arbre causant des défoliations et de graves blessures avec un taux d'infestation qui dépasse 50% , et une infestation faible de 17% par les scolytes qui se nourrissent du bois tendre située juste sous l'écorce par une dynamique de population caractérisée par de fortes fluctuations des effectifs provoquant des dégâts considérables dans la forêt comme le dépérissement qui a été fort remarquable dans la forêt de Draa el Aoud .

Selon les résultats obtenus sur l'état phytosanitaire de la station étudiée, la direction de la conservation des forêts de la commune de Mecheria doit mettre en place une lutte immédiate contre la chenille processionnaire pour inhiber sa propagation dans la forêt.

Dans le but de minimiser les dommages des ravageurs et le but de la protection de notre patrimoine floristique et la mise en défonce de notre zone steppique contre tout ce qui est nuisible et dégradant de l'environnement et afin de promouvoir un sol sain et durable ; on a valorisé et exploité la plante steppique d'Armoise comme un bio-pesticide. Ce travail contribue à mettre en évidence une stratégie de lutte chimique naturelle basée sur l'utilisation d'huile essentielle et des extraits de cette plante sur les individus des ravageurs propagés « *Thaumetopoea pityocampa*. » dans la station de Draa el Aoud. Nous avons testé leurs efficacités à travers deux modes de pénétration par effet contact et par inhalation tout en prenant en considération le taux de mortalité chez ces individus.

L'utilisation des huiles essentielles et des extraits des plantes comme un bio-pesticide est connue depuis longtemps. En effet, l'armoise est déjà connue comme un agent de lutte contre les insectes. Dans des travaux encore plus récents, les propriétés bio-pesticide de certaines plantes ont été testées sur les individus d'insectes.

A la lumière des résultats obtenus, nous pouvons conclure que l'huile essentielle et les extraits de l'Armoise testés présentent une activité bio-pesticide sur l'espèce *Thaumetopoea pityocampa* très importante.

La plante d'armoise est disponible, accessible et donne un rendement assez important et moins chère, alors cette plante steppique sera la clé pour remplacer la lutte chimique synthétique par la

lutte chimique naturelle, efficace et économique, qui nous a conduit vers le sens du développement durable qui consiste à réaliser la valorisation et la protection des écosystèmes notamment les écosystèmes steppiques avec une façon raisonnable puisqu'ils gardent la durabilité du sol, d'atmosphère et des ressources en eau.

Nous espérons que notre travail de recherche peut être considéré comme un pas préliminaire envers d'autres recherches afin d'arriver à mettre en place un moyen de lutte chimique naturelle à base des huiles essentielles et des extraits efficaces et économiques.

A l'avenir il serait intéressant de poursuivre, d'étendre et d'approfondir l'étude de l'efficacité de bio-pesticide *d'Artemisia herba-alba* et d'élargir l'application de ce dernier afin de pouvoir les utiliser contre *Thaumetopoea pityocampa*.

D'après cette étude sur l'entomofaune ravageurs du pin d'Alep l'analyse des facteurs biotiques et abiotiques qui a contribué à la dégradation des forêts du pin d'Alep on recommande de :

- Les services responsables de la protection des forêts doivent varier et augmenter les sorties de contrôles des forêts pour la surveillance quotidienne afin de réagir rapidement contre le problème manifesté et doivent favoriser l'utilisation des procédés scientifiques et modernes pour la sauvegarde de nos peuplements forestiers. Elles doivent organiser des séminaires et des journées d'étude pour permettre des échanges des expériences dans la lutte contre les ravageurs nuisibles.
- La formation continue et quotidienne d'un personnel dans la matière entomologie et foresterie pour suivre l'innovation scientifique.
- L'utilisation de la lutte biologique et la lutte chimique naturelle pour minimiser les dommages provoqués sur l'environnement par la lutte chimique synthétique.
- Créer des laboratoires entomofaune pour faire des recherches expérimentales sur les espèces ravageuses.
- Equiper les services de la protection des forêts en matériel indispensable à la surveillance des populations d'insectes et au suivi des cycles de développement des principaux ravageurs.
- Mettre en place des techniques et des mécanismes permettant l'application des résultats de la recherche forestière.
- L'application des mesures de lutte doit être aux normes techniques.
- La valorisation des plantes steppiques par la création des pépinières des plantes steppiques et par l'organisation des séminaires sur l'importance de ces espèces.
- Mettre en place la recherche de l'importance et de l'exploitation des plantes steppiques dans la lutte contre les ravageurs des plantes.

Références bibliographiques

- Allen, C.D., 2009. Climate-induced Forest dieback: an escalating global phenomenon? *Unasylva* 231/232 (60)
- BELAOUNI , h. (2021). Contribution à l'étude des causes de dépérissement des reboisements du barrage vert au niveau de la wilaya d'El Bayadh (commune d'El-Bayadh).
- B. Boutte, M. D.-G. (2012). INFORMATION SANTÉ DES FORÊTS.
- BADEL, J. (1986). Aménagement et gestion des peuplements de pin d'Alep dans la zone méditerranéenne française.
- BARBERO, P. Q. (1992). le pin d'Alep et les espèces voisines : répartition et caractères écologiques, généraux, sa dynamique récente en France méditerranéenne.
- BENTOUATIA. (2006). Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) du massif de Ouled Yagoub (Khenchela – Aurès). .
- BENSAID.A2006 .thèse de doctorat de BENSAID ABDELKRIME SIG ET TÉLÉDÉTECTION POUR L'ÉTUDE DE L'ENSABLEMENTDANS UNE ZONE ARIDE : LE CAS DE LA WILAYA DE NAÂMA (ALGÉRIE).2006
- BOUAZZA, F. (2013). intérêt de la mycorhization contrôlée du chêne vert (*Quercus ilex* L.) et du Pin d'Alep (*pinus halepensis* Mill) par deux espèces de Tarfez ,en conditions gnotoxéniques et axéniques.
- BOUHOT L. 1990.Distribution spatio-temporelle et stratégies d'échantillonnage des attaques de *Tomicuspiniperda* L., et *Ipssexdentatus*Boern. (Coleoptera : Scolytidae) sur le Pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) en forêt d'Orleans. Thèse doc, Univ. Claude Bernard, Lyon I,
- BOUHRAOUA TR. 2020. Ravageurs des forêts. Polycopie de cours. Université Tlemcen
- BOUDY, P. (1980). Economie forestière Nord-Africain.
- BOUDY.P. (1952). Guide du forestier en Afrique du nord. La maison rustique.
- Bouget , c., nageleisen L M, piou D, & pailley Y. (2011). Bois morts, peuplements riches en bois morts, et risques phytosanitaire en forêt –synthèse des connaissances disponibles.
- BOUHOT, D. L., & LEVEY, A. (1994). Rôle de la chenille processionnaire du Pin dans les dépérissements du Pin maritime landais. — *Revue forestière française*, vol. XLVI, n° 5 spécial —Les dépérissements d'arbres forestiers. Causes connues et inconnues.
- BOUHOT, D., & LEVEY, A. (1990). Abgrall et bouhot, 19Population fluctuations of the pine processionary (*Thaumetopoea pityocampa*Schiff.). canada.

- BOUTTE, B., & DURAND, G. M. (2012). INFORMATION SANTÉ DES FORÊTS.
- BRAHIM, G. (2015). CROISSANCE ET ÉTAT SANITAIRE DES PEUPEMENTS DE PIN D'ALEP (PINUS HALEPENSIS MILL.) DANS LE MASSIF FORESTIER DE SENALBA (RÉGION DE DJELFA). these de doctorat.
- Brahimi D (2015) Bio-écologie et régime alimentaire des principales espèces d'Orthoptères dans la région de Naâma. Thèse de Magister .Univ Tlemcen
- Brahimi D (2019) First data on orthoptera fauna diversity in the arid region of naâma (south west of algeria). Revue Agrobiologia.9(1) :1292-1301..ISSN (Print): 2170-1652 .e-ISSN (Online): 2507-7627. www.agrobiologia.net
- Brahimi, D. Mesli L. & Rahmouni, A. (2020).- Why orthoptera fauna resist of pesticide? First experimental data of resistance phenomena. Data in Brief, 30, 105659. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105659>
- Brahimi D (2020) First data of statistic and ecological behavior of Orthoptera insects in arid region (Southern West of Algeria). Data in Brief 31 105857 Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105857> .
- Brahimi D (2021) Nouvelles données sur les insectes d'intérêt écologique dans les zones humides, cas des régions arides d'Algérie. Bulletin de la Société Zoologique de France, volume 146 (4), pages 139 à 147. ISSN : 0037-962X. <http://societe-zoologique.fr>
- C.RIPERT, A.-M. M. (2012). Le pin d'Alep en France.
- CENEAP .2009 . Centre nationale d'étude et d'analyse pour la population et le développement
- DPSB. 2021. Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires de la wilaya de Naâma
- DJEHICHE, F., & MENAR, S. (2019). Etude de l'abondance des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin « Thaumetopoea pityocampa » dans plusieurs forêts du NordEst algérien. Effet du traitement toxicologique sur la formule hémoctaire des chenilles.
- EMBERGER, L. (1939). Aperçu général sur la végétation du Maroc.
- GUIT, B. (2015). croissance et état sanitaire des peuplements de pin d'alep (pinus halepensis Mill.) dans le massif forestier de Senalba (Région de Djelfa). El-harache Alger, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie.
- Haddouche I., 2009- La télédétection et dynamique des paysages en milieu aride et semi-aride en Algérie : cas de la région de Naâma. Thèse Doct. Univ. Tlemcen : 293p + annexes.

- KADIK, B. (1983). Contribution à l'étude du pin d'Alep en Algérie : Ecologie, dendrométrie, morphologie.
- KHAOUANI, B. (2011). les résineux dans la région de Tlemcen (nord-ouest algérien) aspects écologique, inflammabilité et combustibilité. science biologique.
- KHOUDJA, M. L. (2020). le pin d'alep en Tunisie : Ecologie, gestion et usage.
- LALEG, A. (2017). Contribution à l'étude de la productivité du pin d'Alep dans la forêt de Zariffet (Wilaya de Tlemcen). tlemcen, science biologique.
- Leroy, Q. (2020). La Chenille processionnaire du Chêne (*Thaumetopoea processionea*) .
- LETREUCH, B. (1987). Notes de cours sur la sylviculture .(I.N.A).
- LETREUCH, B. N. (1991). Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir.
- LIEUTIER, F., & LEVIEUX,J. (1985). Les relations conifères-scolytes, importance et perspectives
- Lieutier F.,faure T.,Garsia J.1988.Les attaques de scolytes et le dépérissement du pin Sylvestre dans la région Provence côte d'azur. Revue Forestière Française
- Lieutier F.,Levieux J. 1985. Les relations conifères-scolytes, importance et perspectives de Recherches. Annales des Sciences Forestière
- Lieutier F.,Piou D.1988.Point de vue sur le dépérissement du pin sylvestre en région Centre. La forêt privée
- M.A.T.E., 2015- Etude de classement et d'aménagement de l'aire protégée des Monts des Ksour wilaya d'El Bayadh et de Naâma, Rapport n°1 : Etude Générale de l'aire.
- MARTIN, J. C., & BRINQUIN, A. S. (2012). La processionnaire du pin : la connaître pour mieux se protéger. Nuisibles et Parasites Information.
- MEZIANA, A. (2017). Elaboration d'un inventaire et détermination de la tendance de l'évolution de la structure du peuplement de Pin d'Alep de la forêt de Melkine (Wilaya de Sidi Bel Abbés).
- MEBKHOUTI.S 2020. thèse de doctorat Dynamique des peuplements végétaux du Barrage vert de la wilaya de Naâma ; Aspect phytoécologique et cartographie
- MEKKI.A 2016. mémoire de magister Contribution à l'étude écologique de l'Arthropodofaune dans quelques stations à Retama raetam (Fabacées) dans la région de Naâma

- POUPON, J. (1970). étude de la croissance chez quelques espèces résineuses et feuillues a Zerniza . Note technique de l'institut National de recherche forestière de Tunisie.
- QUEZEL, P. (1986). les pins du groupes -halepensis : Ecologie, végétation , écophysiologie. Options Méditerranéennes.
- QUÉZEL, P. (2000). Taxonomy and biogeography of Mediterranean pines (*Pinus halepensis* and *P. brutia*). In Neeman G. and Trabaud L. (Eds.). Ecology, biogeography and management of *Pinus halepensis* and *P brutia* forest ecosystems in the Mediterranean basin. Backhuys Publishers, Leiden. 1-12.
- SCHIFFERMULLER, D. (1775). Etude de (Lepidoptera Thaumetopoeidae) dans les pineraies semi arides. algerie: an.rech.for algeria.
- SCHNEIDER, S. (2003). a Software for Population Data Analysis. Geneva: University of Geneva,.
- SCHOWALTER, T. (2006). Insectecology: An ecosystemapproch, 2nd ed. Academic Elsevier. London: Academic Elsevier.
- SERRE, F. (1992). les enseignements écologiques de la variation de l'épaisseur du ceme chez le pin d'Alep .forêt méditerranéenne.
- SALHI Z.2021. Université de Blida Algérie .PLAN D'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE DE LA WILAYA DE NAÂMA ET LUTTE CONTRE LA DESERTIFICATION
- TALBI .2019.mémoire Contribution à l'étude du dépérissement du pin d'Alep *Pinus halepensis* Mill. (Symptôme, cause et traitement) cas de la forêt de Draa El-Aoud à Mècheria (Wilaya de Naâma)

Annexes

Fiche Parcelle 01 :

Parcelle N° : 01**Essence** : Pin d'Alep**Age** : entre 45 ans et 50 ans**Nombre** : 20 arbres**Densité initiale** : 1600 pts/Ha**Etat sanitaire** : Attaques de la chenille processionnaire du pin et insectes xylophages**Régénération naturelle** : Absence**Localisation** : forêt de Draa El Aoud (Mecheria)

N° de sujet	Hauteur des arbres	Circonférence	Altitude	Les coordonnées géographiques		Taux de recouvrement
				X	Y	
1	5,9	0,34	1109	0,757409	3721324	25%
2	6	0,50	1107	0,757411	3721318	
3	5,5	0,39	1107	0,757409	3721318	
4	6,6	0,65	1107	0,757409	3721318	
5	8	0,65	1103	0,757389	3721277	
6	7,8	0,55	1103	0,757389	3721277	
7	8	0,45	1107	0,757395	3721275	
8	5,10	0,60	1109	0,757377	3721260	
9	5,25	0,50	1109	0,757370	3721246	
10	4,5	0,40	1110	0,75768	3721333	
11	4,1	0,42	1107	0,757421	3721339	
12	3,7	0,45	1108	0,757431	3721340	
13	3,6	0,37	1108	0,757426	3721351	
14	3,5	0,39	1107	0,757430	3721353	
15	4,20	0,39	1106	0,757437	3721359	
16	2,6	0,51	1103	0,757441	3721361	
17	5,3	0,49	1105	0,757440	3721363	
18	3,5	0,50	1103	0,757448	3721384	
19	3,8	0,40	1105	0,757451	3721380	
20	3,1	0,43	1105	0,757456	3721395	

Fiche Parcelle 02 :

Parcelle N° : 02

Essence : Pin d'Alep

Age : entre 45 ans et 50 ans

Nombre : 20 arbres

Densité initiale : 2000 pts/Ha

Etat sanitaire : Attaques de la chenille processionnaire du pin et insectes xylophages

Régénération naturelle : Absence

Localisation : forêt de Draa El Aoud (Mecheria)

N° de sujet	Hauteur des arbres	Circonférence	Altitude	Les coordonnées géographiques		Taux de recouvrement
				X	Y	
1	5,9	0,67	1096	0,757606	3721647	55%
2	5	0,43	1107	0,757606	3721636	
3	3,9	0,40	1105	0,757602	3721636	
4	4,3	0,50	1105	0,757696	3721635	
5	7	0,70	1106	0,757690	3721624	
6	10	1,20	1102	0,757691	3721602	
7	8,6	0,70	1108	0,757683	3721594	
8	8	0,64	1104	0,757582	3721578	
9	5	0,41	1105	0,757678	3721572	
10	4	0,34	1104	0,757674	3721568	
11	1,96	0,28	1103	0,757650	3721563	
12	6,5	0,70	1111	0,757613	3721564	
13	4,1	0,45	1105	0,757608	3721680	
14	5,5	0,51	1104	0,757607	3721688	
15	6,5	0,27	1102	0,757616	3721692	
16	6	0,45	1104	0,757625	3721705	
17	5,7	0,52	1105	0,757624	3721706	
18	8	0,70	1103	0,757631	3721713	
19	6	0,71	1107	0,757623	3721722	
20	7,4	0,73	1106	0,757630	3721734	

Fiche Parcelle 03 :

Parcelle N° : 03

Essence : Pin d'Alep

Age : entre 45 ans et 50 ans

Nombre : 20 arbres

Densité initiale : 2000 pts/Ha

Etat sanitaire : Attaques de la chenille processionnaire du pin et insectes xylophages

Régénération naturelle : Absence

Localisation : forêt de Draa El Aoud (Mecheria)

N° de sujet	Hauteur des arbres	Circonférence	Altitude	Les coordonnées géographiques		Taux de recouvrement
				X	Y	
1	4,3	0,25	1093	0,757885	3722113	35%
2	5,1	0,55	1101	0,757884	3722121	
3	4	0,45	1102	0,757883	3722117	
4	4,5	0,45	1103	0,757884	3722111	
5	5	0,48	1105	0,757879	3722099	
6	4,8	0,46	1110	0,757868	3722077	
7	2,5	0,30	1099	0,757861	3722072	
8	3,5	0,25	1105	0,757852	3722054	
9	4	0,43	1102	0,757852	3722044	
10	6	0,50	1102	0,757842	3722035	
11	2	0,23	1102	0,757887	3722135	
12	2,5	0,30	1104	0,757892	3722140	
13	3	0,38	1102	0,757897	3722145	
14	2,20	0,15	1104	0,757880	3722148	
15	2,10	0,25	1102	0,757909	3722169	
16	4,5	0,42	1103	0,757915	3722171	
17	2,10	0,15	1100	0,757930	3722188	
18	3,3	0,25	1099	0,757940	3722187	
19	4,5	0,42	1102	0,757945	3722207	
20	2,7	0,37	1100	0,757951	3722212	

Fiche Parcelle 04 :

Parcelle N° : 04

Essence : Pin d'Alep

Age : entre 45 ans et 50 ans

Nombre : 20 arbres

Densité initiale : 2000 pts/Ha

Etat sanitaire : Attaques de la chenille processionnaire du pin et insectes xylophages

Régénération naturelle : Absence

Localisation : forêt de Draa El Aoud (Mecheria)

N° de sujet	Hauteur des arbres	Circonférence	Altitude	Les coordonnées géographiques		Taux de recouvrement
				X	Y	
1	4,5	0,60	1038	0,758244	3722586	20%
2	6	0,62	1101	0,758239	3722582	
3	2	0,15	1097	0,758212	3722584	
4	4,3	0,36	1101	0,758196	3722584	
5	4	0,40	1100	0,758194	3722583	
6	1,58	0,14	1097	0,758195	3722583	
7	2,10	0,17	1097	0,758170	3722098	
8	3,7	0,25	1103	0,758164	3722585	
9	4,5	0,38	1099	0,758151	3722579	
10	4,4	0,38	1103	0,758255	3722580	
11	3	0,36	1098	0,758256	3722592	
12	7	0,65	1103	0,758264	3722594	
13	2,5	0,20	1101	0,758267	3722600	
14	3,4	0,35	1038	0,758274	3722598	
15	5,5	0,65	1097	0,758280	3722600	
16	1,90	0,13	1097	0,758282	3722611	
17	3,5	0,30	1095	0,758200	3722645	
18	2,4	0,40	1097	0,758299	3722647	
19	2	0,27	1097	0,758303	3722653	
20	3,5	0,40	1093	0,758304	3722678	

Fiche Parcelle 05 :

Parcelle N° : 05**Essence** : Pin d'Alep**Age** : entre 45 ans et 50 ans**Nombre** : 20 arbres**Densité initiale** : 2000 pts/Ha**Etat sanitaire** : Attaques de la chenille processionnaire du pin et insectes xylophages**Régénération naturelle** : Absence**Localisation** : forêt de Draa El Aoud (Mecheria)

N° de Sujet	Hauteur des arbres	Circonférence	Altitude	Les coordonnées géographiques		Taux de recouvremen t
				X	Y	
1	2,4	0,33	1093	0,758442	3722963	15%
2	3,2	0,45	1096	0,758427	3722947	
3	1,75	0,17	1095	0,758429	3722940	
4	1,60	0,17	1095	0,758419	3722933	
5	4,3	0,39	1095	0,758416	3722932	
6	3	0,35	1093	0,758415	3722928	
7	3,2	0,25	1092	0,758414	3722927	
8	2,10	0,20	1096	0,758410	3722926	
9	6	0,65	1096	0,758401	3722914	
10	3	0,35	1097	0,758402	3722906	
11	2	0,45	1095	0,758447	3722969	
12	5	0,42	1093	0,758453	3722979	
13	4	0,55	1092	0,758456	3722979	
14	6	0,32	1094	0,758462	3722987	
15	3,5	0,45	1093	0,758465	3722993	
16	4	0,25	1090	0,758470	3722995	
17	3,5	0,50	1091	0,758469	3722003	
18	4	0,50	1087	0,758472	3722002	
19	3,2	0,40	1094	0,758496	3722027	
20	2,20	0,42	1097	0,758504	3722051	