

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn-Badis
Mostaganem
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

BEKRI Abdelkhalek
BENKORICH Abdelaziz

Pour l'obtention du diplôme de
MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité : Protection des végétaux

THÈME

**Étude préliminaire des effets *in vitro* des huiles essentielles de
deux plantes aromatiques (*Eucalyptus* sp. et *Mentha spicata*)
sur les larves de la processionnaire du pin d'Alep et du puceron
vert des agrumes**

DEVANT LE JURY

Présidente	M ^{me} BENOURED F.	M.C.A	Université de Mostaganem
Examinatrice	M ^{me} SAIAH F.	M.C.B	Université de Mostaganem
Encadreur	M ^{me} BADAoui M.I.	M.C.B	Université de Mostaganem

Année universitaire : 2022/2023

Remerciement

Tout d'abord, nous tenons particulièrement à remercier notre encadreur Mme BADAOUI M.I., maitre de conférence à l'université de Mostaganem, qui a accepté de nous encadrer et nous orienter dans ce travail.

Nous remercions Mme BENOURAD F., maitre de conférence à l'université de Mostaganem, qui nous a fait l'honneur d'accepter de présider ce jury. Nous remercions également à Mme SAIAH F., maitre de conférence à l'université de Mostaganem, d'avoir accepté de faire partie du jury et d'examiner ce mémoire.

Nous remercions les familles Benkorich et Bakri pour leurs contributions, leur soutien, leur patience et leurs encouragements

Nous devons parallèlement remercier toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.

Résumé

Les insectes ravageurs peuvent causer des dégâts considérables sur leurs plantes hôtes. Cette étude a porté sur deux insectes nuisibles qui causent des dommages considérables aux plantes ; la chenille processionnaire qui s'attaque aux aiguilles du pin d'Alep et le puceron vert des agrumes, vecteur principal des virus et qui cause un affaiblissement général des arbres des agrumes.

Ce travail, s'inscrit dans la recherche de substances naturelles d'origine végétales capables de remplacer les pesticides chimiques. Il s'intéresse, à tester l'effet larvicide de différentes doses des huiles essentielles (HEs) de deux plantes aromatiques (*Eucalyptus* sp. et *Mentha spicata*) sur les deux insectes précités.

Pour l'étude sur la processionnaire du pin d'Alep, nous n'avons pas pu atteindre l'objectif requis suite à la mortalité élevée des témoins. Tandis que pour le puceron vert des agrumes, nous avons pu mettre en évidence l'effet insecticide des huiles essentielles des deux plantes testées.

Les résultats obtenus *in vitro*, ont révélé une forte activité insecticide sur le puceron vert des agrumes. L'utilisation des huiles essentielles de l'*Eucalyptus* sp. et de la *Mentha spicata*, a permis d'observer des taux de mortalité supérieurs à 75% pour les trois fortes doses testées ($D_1=1\%$, $D_2=0,5\%$ et $D_3=0,25\%$) au troisième jour. Les observations montrent que la mortalité augmente lorsque la dose est relevée, et que la mortalité dans les lots traités par l'HE de l'*Eucalyptus* sp. est plus importante que ceux traités par l'HE de la *Mentha spicata*.

Mots clés : Bio-control, huiles essentielles, *Eucalyptus* sp., *Mentha spicata*, processionnaire du pin d'Alep, puceron vert des agrumes

ملخص

يمكن أن تسبب الآفات الحشرية أضرارًا جسيمة للنباتات المضيئة. ركزت هذه الدراسة على اثنين من الآفات الحشرية التي تسبب أضرارًا كبيرة للنباتات ؛ البرقة التي تهاجم إبر السنوبر الحلبي والمن الحمضيات الخضراء ، الناقل الرئيسي للفيروسات والتي تسبب ضعفًا عامًا لأشجار الحمضيات.

هذا العمل هو جزء من البحث عن مواد طبيعية ذات أصل نباتي قادرة على استبدال المبيدات الكيماوية. إنه مهتم باختبار تأثير جرعات مختلفة من الزيوت العطرية لنباتين عطريين (*Eucalyptus sp.*) و (*Mentha spicata*) على الحشرات المذكورة أعلاه.

بالنسبة للدراسة على موكب السنوبر الحلبي ، لم تتمكن من تحقيق الهدف المطلوب بسبب ارتفاع معدل الوفيات في الضوابط. بينما بالنسبة لمن الحمضيات الخضراء ، تمكنا من تسليط الضوء على تأثير المبيدات الحشرية للزيوت الأساسية للنباتين اللذين تم اختبارهما.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها في المختبر وجود نشاط مبيد حشري قوي على من الحمضيات الخضراء. استخدام الزيوت الأساسية من *Eucalyptus sp.* و *Mentha spicata* ، جعل من الممكن ملاحظة معدلات الوفيات التي تزيد عن 75٪ للجرعات العالية الثلاث المختبرة (D1 = 1% ، D2 = 0.5 ٪ و D3 = 0.25 ٪) في اليوم الثالث. تظهر الملاحظات أن معدل الوفيات يزداد مع زيادة الجرعة ، وأن الوفيات على دفعات تم علاجها باستخدام HE من *Eucalyptus sp.* أكبر من تلك المعالجة بـ HE من *Mentha spicata* .

الكلمات المفتاحية: المكافحة الحيوية ، الزيوت الأساسية ، *Eucalyptus sp.* ، *Mentha spicata* ، سنوبر حلب ، من الحمضيات الخضراء

Abstract

Insect pests can cause considerable damage to their host plants. This study focused on two harmful insects that cause considerable damage to plants; the processionary caterpillar that attacks the needles of the Aleppo pine and the green citrus aphid, the main vector of viruses and which causes a general weakening of citrus trees.

This work is part of the search for natural substances of plant origin capable of replacing chemical pesticides. He is interested in testing the larvicidal effect of different doses of essential oils (HEs) from two aromatic plants (*Eucalyptus sp.* and *Mentha spicata*) on the two aforementioned insects.

For the study on the Aleppo pine processionary, we could not reach the required objective due to the high mortality of the controls. While for the green citrus aphid, we were able to highlight the insecticidal effect of the essential oils of the two plants tested.

The results obtained in vitro revealed a strong insecticidal activity on the green citrus aphid. The use of essential oils of *Eucalyptus sp.* and *Mentha spicata*, made it possible to observe mortality rates of greater than 75% for the three high doses tested (D1=1%, D2=0.5% and D3=0.25%) on the third day. The observations show that mortality increases when the dose is raised, and that mortality in batches treated with *Eucalyptus sp* HE. is more important than those treated with the HE of the *Mentha spicata*.

Key words: Bio-control, essential oils, *Eucalyptus sp.*, *Mentha spicata*, Aleppo pine processionary, green citrus aphid

TABLE DES MATIERES

Introduction	1
--------------------	---

Partie bibliographique

Chapitre I : Les Plantes hôte

1- Pin d'Alep (<i>Pinus halepensis</i> Mill.).....	2
1-2- Classification botanique	2
1-3- Distribution géographique	2
1-3-1-Dans le monde :	2
1-3-2-En Algérie.....	3
1-4-Description du pin d'Alep.....	4
1-5-Exigences écologiques.....	5
1-6- Problèmes phytosanitaires du pin d'Alep.....	5
2-Les agrumes.....	7
2-1- Classification botanique.....	7
2-2- Distribution géographique.....	7
2-2-1-Dans le monde	7
2-2-2-En Algérie.....	8
2-3- Description des agrumes.....	9
2-4- Exigences écologiques.....	10
2-5- Problèmes phytosanitaires des agrumes.....	10

Chapitre II : Les ravageurs

1- Aperçu sur la processionnaire du pin d'Alep.....	11
1-2-Systématique.....	11
1-3-Cycle biologie de la processionnaire	11
1-3-1-La ponte.....	12
1-3-2- les stades larvaires	12
1-3-3- La chrysalide et vie souterraine	13
1-3-4- L'émergence des adultes.....	13
1-4- Symptômes et dégâts occasionnées	14
1-5- Moyens de lutte.....	14
1-5-1-La lutte mécanique.....	14
1-5-2-Lutte biologique.....	14
1-5-3- Lutte biotechnique (Piégeage)	15

2- Aperçu sur le puceron vert des agrumes	16
2-1- Systématique.....	17
2-3- Cycle biologique.....	17
2-3- Symptômes et dégâts occasionnées.....	18
2-4- Moyens de lutte.....	19

Chapitre III : Huiles essentielles et plantes aromatiques étudiées

1- Les huiles essentielles :	20
1-2-Localisation des huiles essentielles dans la plante.....	20
1-2- Propriétés biologiques des HEs.....	20
1-2-1- Effet insecticide des HEs.....	21
1-3- Composition chimique des huiles essentielles	21
1-4- Procèdes d'extraction des huiles essentielles.....	21
2-Plantes aromatiques étudiées	22
2-1- Eucalyptus	22
2-1-1- Description.....	22
2-1-2-Position systématique	22
2-1-3- Composition chimique des HEs.....	22
2-1-5-Activité insecticide des huiles essentielles d' <i>Eucalyptus</i>	23
2-2-Menthe verte	23
2-2-1- Description.....	23
2-2-2-Position systématique	23
2-2-3-Composition de l'huile essentielle :	23
2-2-5-Activité insecticide des huiles essentielles de menthe verte (<i>Mentha spicata L.</i>).....	24

Partie expérimentale

Chapitre I: Matériel et méthodes

1-Objectif.....	25
II- Extraction des huiles essentielles.....	25
II-1- Plantes aromatiques utilisées pour l'extraction.....	25
II-2- Méthode d'extraction.....	25
II-3- Détermination du rendement.....	26
II-4- Préparation des doses des huiles essentielles.....	26
III- Évaluation de l'activité larvicide des huiles essentielles.....	27
III -1- Matériel animale.....	27

III - 2- Conduite des tests biologiques.....	28
III-2-1- La chenille processionnaire.....	28
III-2-2- Le puceron vert des agrumes.....	29

Chapitre II: Résultats et discussion

1- Détermination du rendement.....	31
2- Activité larvicide des HEs de deux plantes aromatiques sur la chenille processionnaire du pin d'Alep et le puceron vert des agrumes.....	31
2-1 Évaluation de l'efficacité des HEs de l' <i>Eucalyptus sp.</i> et de la <i>Mentha spicata.</i> sur les larves de la processionnaire du pin d'Alep.....	31
2-2- Évaluation de l'efficacité des HEs de l'eucalyptus et de la menthe verte sur le puceron vert des agrumes.....	33
2-2- 1- Effet insecticide de l'HE de l'eucalyptus.....	33
2-2-2- Effet insecticide de l'HE de la menthe verte.....	35
Conclusion.....	38
Références Bibliographiques.....	39
Annexes	

Liste des figures

Figure 01: Aire de répartition du pin d'Alep dans le bassin méditerranéen.....	3
Figure 02: Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie.....	3
Figure 03: Arbre du pin d'Alep (<i>Pinus halepensis</i> Mill).....	4
Figure 04: Morphologie du pin d'Alep , A: écorce ,B: aiguilles ,C: fruits ,D: cônes.....	5
Figure 05: Principaux pays producteurs d'agrumes dans le monde.....	8
Figure 06: Répartition géographique des superficies d'agrumes en Algérie.....	8
Figure 07: Arbre de l'oranger.....	9
Figure 08: Morphologie de l'oranger,	9
Figure 09 : Fruits de différentes espèces d'agrumes	10
Figure 10: Cycle biologie de la processionnaire de pin	12
Figure 11: Adulte de la processionnaire du pin.....	13
Figure 12: Dégâts de la chenille processionnaire sur le pin d'Alep.....	14
Figure 13: Puceron vert des agrumes	16
Figure 14: Morphologie générale d'un puceron.	16
Figure 15: Cycle biologique des pucerons.....	17
Figure 16: Dégâts des pucerons sur l'oranger es agrume.....	18
Figure 17: Feuilles de l'eucalyptus fraîche utilisée pour l'extraction des HEs.....	25
Figure 18 : Composants de distillation à la vapeur	26
Figure 19: Préparation des différentes concentrations.....	26
Figure 20 : Larves de la chenille processionnaire du pin d'Alep	27
Figure 21 : Feuilles de l'oranger attaquées par les pucerons.....	27
Figure 22 : Vue satellitaire des sites d'échantillonnage	28
Figure 23 : Dispositif expérimentale des tests de toxicité sur les larves de la chenille processionnaire du Pin d'Alep.....	28
Figure 24 : Dispositif expérimentale des tests de toxicité sur les larves du puceron vert des agrumes.....	29
Figure 25 : Histogramme comparatif des rendements des deux plantes d'eucalyptus et menthe verte.....	31
Figure 26 : Effet des différentes concentrations de l'HE d'eucalyptus. sur la mortalité des larves de la chenille processionnaire du pin d'Alep.....	32
Figure 27: Effet des différentes concentrations de l'HE de menthe verte sur la mortalité des larves de la chenille processionnaire du pin d'Alep.....	32

Figure 28: Effet des différentes concentrations de l'HE d'Eucalyptus sur la mortalité des puceron vert des agrumes.....	33
Figure 29 : Mortalité corrigée de pucerons vert des agrumes traitées par l'HE de d'eucalyptus	34
Figure 30: Taux de mortalité de puceron vert des agrumes sous l'effet de l'HE de d'eucalyptus enregistré le quatrième jour.....	34
Figure 31: Effet des différentes concentrations de l'HE de la menthe verte sur la mortalité du puceron vert des agrumes.....	35
Figure 32 : Mortalité corrigée du puceron vert des agrumes traité par l'HE de la menthe verte.....	36
Figure 33 : Taux de mortalité de puceron vert des agrumes sous l'effet de l'HE de la menthe verte enregistré le quatrième jour.	36

Liste des tableaux

Tableau 01 : Principaux auxiliaires et agents entomopathogènes commercialisés et employés en lutte biologique contre les pucerons à travers le monde	19
--	----

Liste des abréviations

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius

DL 50% : Dose létale pour 50% de la population testé.

et al., : et collaborateurs

L : stade larvaire

HE : huile essentielle

Introduction

De part sa situation géographique particulière, l'Algérie bénéficie d'une gamme très variée de climats favorisant le développement d'une faune et une flore riche et diversifiée (Bouhabila, 2019). La flore Algérienne est exposée à de nombreux problèmes phytosanitaires. Les arbres qu'ils soient forestiers ou fruitiers ne sont épargnés, et se trouvent menacés par un nombre important de ravageurs (Benkiki, 2006).

La processionnaire du pin d'Alep est le principal ravageur dans les forêts. La chenille se nourrit des aiguilles de pin et peut causer des dommages importants aux arbres. Elle est également considérée comme dangereuse pour la santé humaine en raison de ses poils urticants (Sahnoune et Chibane, 2018).

De son côté le puceron vert des agrumes est un déprédateur qui se nourrit de la sève des agrumes il se reproduit rapidement et peut causer des dommages significatifs aux arbres, en affaiblissant leur système immunitaire et en les rendant plus vulnérables aux infections par d'autres organismes nuisibles. Les pucerons des agrumes sont également connus pour transmettre des maladies virales aux arbres, ce qui peut entraîner des pertes de production importantes pour les agriculteurs (Fouarge, 1990; Amrouche et Djaadi, 2020).

Le contrôle des insectes nuisibles, se fait généralement par des traitements chimiques de synthèse, mais leur utilisation doit être limitée car ils peuvent avoir des effets secondaires indésirables sur l'environnement et les organismes bénéfiques. Il est important de choisir une méthode de lutte alternative appropriée afin de préserver l'environnement tout en contrôlant les ravageurs. Parmi ses méthodes l'utilisation des métabolites secondaires des plantes reste une voie prometteuse.

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de la recherche de molécules d'origines végétales jouissant d'activités insecticides. Dans ce contexte, notre objectif est : d'évaluer *in vitro* l'effet larvicide des huiles essentielles de deux plantes aromatiques (*Eucalyptus* sp. et *Mentha spicata*), dans le but de déterminer leur efficacité sur la mortalité de la chenille processionnaire du pin d'Alep et des pucerons vert des agrumes.

Ce document est réparti en deux parties : La première partie est relative à l'étude bibliographique des deux plantes, des ravageurs et des huiles essentielles. La deuxième partie représente la partie expérimentale où nous avons exposé les techniques utilisées et les résultats obtenus.

Partie
bibliographique

Chapitre I :

Les plantes hôtes

1- Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.)

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) constitue l'essence principale des formations forestière Algérienne, elle occupe plus de 35% de la superficie forestière globale du pays. Elle reste l'espèce la plus utilisée dans les reboisements et dans la reconstitution des zones dégradées. Son rôle se manifeste par la fixation du sol par les racines d'une part et d'autre part par la formation d'un couvert végétal assez large protégeant ce sol contre les pluies torrentielles (Bentouati, 2009).

1-2- Classification botanique

Le pin d'Alep est classé en 1962 selon Nahal comme suit :

Règne : Plantae

Classe : Equisetopsida

Ordre : Pinales

Famille : Pinaceae

Genre : *Pinus*

Espèce : *Pinus halepensis* Mill.

Nom vernaculaire : pin d'Alep

En arabe : El-Sanaoubar El-Halabi

1-3- Distribution géographique

1-3-1-Dans le monde

Le pin d'Alep est très réparti dans la partie occidentale du bassin méditerranéen (allant de 45° à 31°N) (figure 01), des agrégations naturelles et artificielles se trouvent en Turquie, Jordanie, Palestine, Liban et Syrie (d'où le nom de pin d'Alep), et on le trouve également dans les régions côtières de Croatie et d'Albanie. Y compris en Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye), au sud par la France, l'Italie, l'Espagne, la Grèce et Malte (Ghougali, 2020).

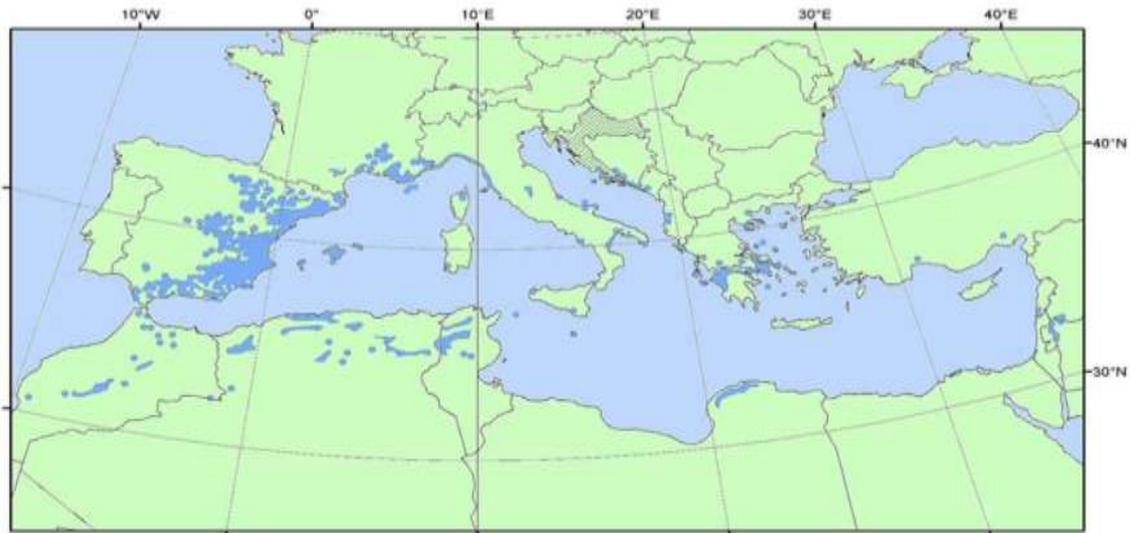


Figure 01: Aire de répartition du pin d'Alep dans le bassin méditerranéen (Quezel, 1980)

1-3-2-En Algérie

En Algérie, le pin d'Alep est présent dans toutes les variantes bioclimatiques avec une prédominance dans l'étage semi aride (figure 02). Sa plasticité et sa rusticité lui ont conféré un tempérament d'essence possédant un grand pouvoir d'expansion formant ainsi de vastes massifs forestiers. Le pin d'Alep avec ses 35% de couverture reste bien l'espèce qui occupe la première place de la surface boisée de l'Algérie (Bentouati, 2009).

À Mostaganem la superficie forestière est estimée à 32 700 hectares, soit 14% de la superficie de l'état, et elle est couverte à 90% par le pin d'Alep, le pin maritime et le l'eucalyptus (Bentouati, 2009).

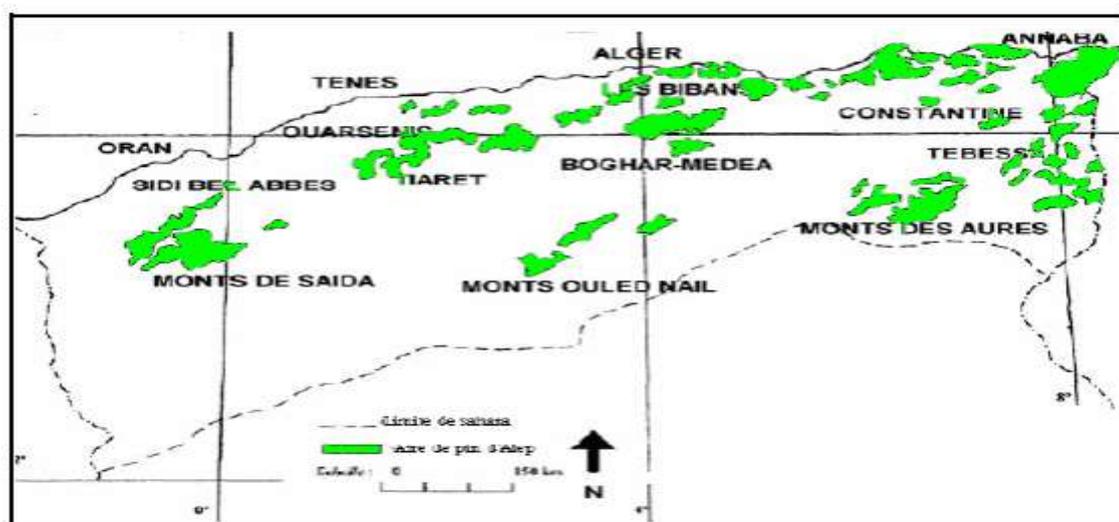


Figure 02: Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (Seigue, 1985)

1-4- Description du pin d'Alep

Le pin d'Alep est un arbre (figure 03) toujours vert, vivace avec une moyenne de 120 ans, de 20 m de hauteur, au tronc généralement tortueux, à écorce (figure 04. A) d'abord lisse et grise, puis épaisse et crevassé tournant au rouge-brun avec l'âge (Bouguenna, 2011).



Figure 03: Arbre du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) (Originale, 2023)

Les feuilles ou les aiguilles (figure 04. B) sont groupées par deux, elles sont persistantes durant deux ans, elles sont courtes et minces, souples et d'un vert clair. Elles présentent des marges finement denticulées, à sommet brusquement atténué en une courte pointe rigide (Prévosto , 2013).

Le pin d'Alep est une plante à fleurs mâles et femelles séparées (mono sexuelles) situées sur le même individu ; Ils sont assemblés en rivets (Bouguenna, 2011).

Les rameaux sont fins, à anneaux multiples, la première année vert clair, faiblement ridés, puis gris clair. Il existe de longues branches (blastes auxiliaires) et des rameaux nains (brachyplastés) qui forment les gaines qui portent les aiguilles.(Prévosto , 2013).

Les cônes sont oblongs rougeâtres, de 6 à 7 mm de long, très nombreux et regroupés autour des bourgeons à l'extrémité des rameaux. Ils sont libérés en grande quantité à maturité (Prévosto , 2013).



Figure 04 : Morphologie du pin d'Alep , A: écorce ,B: aiguilles ,C: fruits ,D: cône (Originale, 2023)

1-5-Exigences écologiques

Le pin d'Alep se caractérise par un bois exceptionnellement souple (Quezel, 1986). Cet arbre aime à la fois la chaleur et le soleil, et a la capacité de tolérer des températures élevées, mais il est affecté par l'excès d'humidité et de neige (Nahal, 1962). De très belles forêts de pins d'Alep sont situées dans des régions semi-arides entre 300 et 700 mm de précipitations annuelles (Quesel, 1986).

Le pin d'Alep pousse sur des substrats tels que la marne, le calcaire, le schiste ou le micaschiste et est absent du granite et du gneiss. Il s'installe dans des sols très divers allant des lithosols aux sols profonds bien développés (Loisel, 1976).

La croissance en hauteur du pin d'Alep dépend en premier lieu du bilan hydrique stationnel (Ripert et Vennetier, 2001).

Le pH du sol est généralement basique. De point de vue géologique, on le rencontre en Algérie sur les terrains calcaires et marno-calcaires et sur les formations de calcaire dolomitique (Makhloufi et Sadi., 2002).

1-6- Problèmes phytosanitaires du pin d'Alep

D'après Boutte et ces collaborateurs (2012), les pins d'Alep sont exposés aux attaques de certains bio- agresseurs tels que ;

- Les bactéries comme *Corynebacterium halepensis* agent responsable de la tumeur bactérienne du pin d'Alep. Sa multiplication dans les tissus provoque des nécroses caractéristiques sur branches et rameaux.

- Les champignons comme *Crumenulopsis sororia* qui cause la maladie chancreuse du pin d'Alep. Ce pathogène provoque le rougissement puis la chute des aiguilles par bouquets et le dessèchement progressif des rameaux.
- Les principaux insectes ravageurs sont ; La ciccadelle des aiguilles des pins, *Haematoloma dorsata*, l'hylésine destructeur, *Tomicus destruens*, la pyrale du tronc, *Dioryctria sylvestrella* et la processionnaire du pin d'Alep qui fait l'objet d'une partie de notre étude.

2- Les agrumes

Les agrumes représentent une culture fruitière importante dans le monde entier. Elles sont cultivées dans plus de 100 pays (Peña et *al.*, 2007; Ousaadi et Moukdad ,2017).

L'industrie des agrumes est l'une des principales composantes de l'agriculture, garantissant ainsi des revenus importants aux populations rurales, notamment dans les pays du pourtour méditerranéen (Dambier et *al.*, 2011). L'Algérie est l'un des principaux pays producteurs d'agrumes dans la région méditerranéenne. Le secteur algérien des agrumes joue un rôle clé en termes économiques (Schimmenti et *al.*, 2013). Durant la campagne 2006/2007, la superficie réservée aux agrumes au niveau national est estimée à 62 606 ha (Biche, 2012).

2-1- Classification botanique

Les agrumes renferment trois genres botaniques : *Citrus* (citron, orange, pamplemousse, clémentine, etc...), *Poncirus* (citronnier épineux) et *Fortunella* (kumquat). D'après Praloran, (1971), la position systématique des agrumes est connue comme suit :

Règne : Plantae

Classe : Eudicotylédones

Ordre : Rutales

Sous classe : Rosidées

Famille : Rutacéae

Sous famille : Aurantoideae

Tribu : Citreae

Sous-tribu : Citrinae

Genres principaux : *Citrus* – *Fortunella* – *Poncirus*

2-3- Distribution géographique

2-3-1-Dans le monde

Les agrumes ont leurs principales zones de production dans la région méditerranéenne (figure 05), le sud des États-Unis, l'Amérique centrale, l'Afrique, la Chine, l'Australie et le Japon (Hill, 2008). Elle est également cultivée dans les régions tropicales et même subtropicales, sa culture se situant entre les latitudes 40°N et 40°S (Agustí et *al.*, 2014). Ces zones vont de 0 à 1000 mètres d'altitude (Hill, 2008)

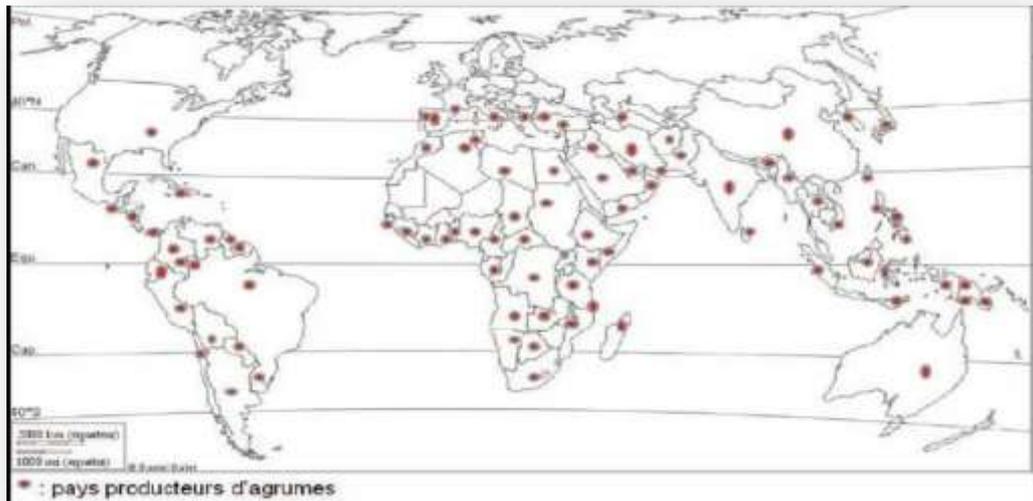


Figure 05: Principaux pays producteurs d'agrumes dans le monde (Ousaadi et Moukdad, 2017)

2-3-2- En Algérie

En Algérie, le développement des agrumes occupe une place prépondérante. Les zones agrumicoles se situent principalement dans le nord du pays (figure 06). Les principales régions productrices d'agrumes, par ordre d'importance, sont la côte de Mitigja avec 44%, le Habra à Mascara avec 25%, les environs de Bonmoussa et la plaine de Saff à Skikda avec 16% (Biche, 2012).

A Mostaganem, la culture des agrumes occupe une superficie de 5 428,5 hectares, avec un rendement d'environ 139 329,2 tonnes pour la campagne 2021-2022 (D.S.A , 2022)

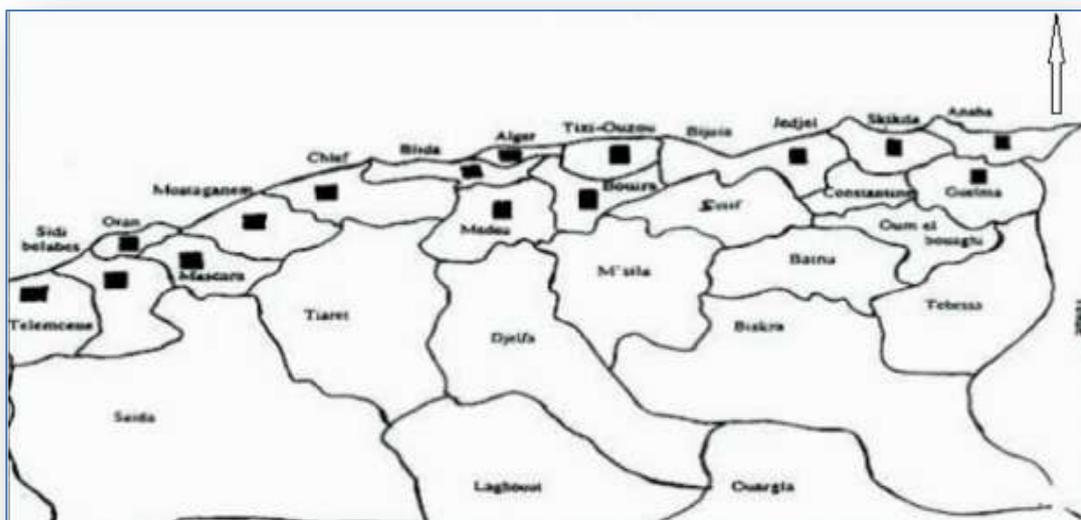


Figure 06: Répartition géographique des superficies d'agrumes en Algérie (Mellah et Triaki , 2020)

2-4- Description des agrumes

Les agrumes sont des arbustes à feuilles persistantes qui ont de nombreuses branches (figure 07), ont un tronc droit et forment une couronne un peu dense qui l'est parfois plus ou moins (Lieutaghi, 2004).



Figure 07: Arbre de l'oranger (Originale, 2023)

Les feuilles des agrumes (figure 07.C) sont touffues et alternes, et elles sont semi-persistantes (elles tombent lorsque d'autres ne poussent que), et elles ont des dents tordues et faibles, et elles sont parfois faibles, et elles sont entrecoupées de nombreuses poches et anthères translucides dans devant une source de lumière pied de lame (Lieutaghi, 2004)

Les fleurs (figure 07.B) sont aromatiques et fleurissent la majeure partie de l'année, composées de 4 à 8 pétales rouges ou blancs, de 3 à 5 sépales verts et de 20 à 40 bouchons qui viennent avec des filaments fusionnés en groupes (Lieutaghi, 2004).



Figure 08 : Morphologie de l'oranger, A: Le système racinaire ,B: Les fleurs ,C: Les feuilles (Originale, 2023)

Les fruits (figure 09) diffèrent par les principaux types et les variétés cultivées de leur genre et diffèrent par leur couleur, leur taille, leur forme, leur temps de maturation et même la composition de leur jus, mais avec cela tous les agrumes cultivés ont la même structure anatomique (Barboni, 2006)



Figure 09 : Fruits de différentes espèces d'agrumes (Benzait et Baghdad ,2017)

2-5- Exigences écologiques

Les agrumes ont une capacité particulière à s'adapter aux différentes conditions climatiques. Ils préfèrent également un climat marin et peuvent être cultivés à des températures annuelles moyennes supérieures à 13 °C et inférieures à 39 °C (Larousse, 2002).

Le sol propice aux agrumes est profond et de préférence léger (argileux, sablonneux) et bien drainé, et les agrumes craignent l'eau salée, qui doit être supérieure à 0,5 %.(Ousaadi et Moukdad ,2017)

La hauteur qui n'est pas exposée au vent, où la hauteur est comprise entre 1000 et 1300 mètres, est considérée comme propice au développement de la récolte d'agrumes (Larousse, 2002).

2-6- Problèmes phytosanitaires des agrumes

Les agrumes souffrent de différentes maladies et ravageurs qui peuvent affecter considérablement la récolte en détruisant les fruits et/ou les arbres. Les principales maladies sont le chancre des agrumes (*Xanthomonas axonopodis*), la psorose écailleuse (*Citrovirus psorosis*), la gommose (*Phytophthora* sp.), le pourridie (*Armillaria mellea*) et la fumagine. Les arbres et les fruits sont également sensibles à différents types d'insectes dont le plus important est la mineuse des feuilles des agrumes *phyllocnistis citrella* et le puceron vert des agrumes *Aphis spiraecola* (Ghelamallah, 2005).

Chapitre II :

Les ravageurs

1- Aperçu sur la processionnaire du pin d'Alep

La chenille processionnelle du pin d'Alep est un ravageur majeur des forêts de pins et de cèdres de la région méditerranéenne (Martin et Bonnet 2008). Les larves se nourrissent des aiguilles de pin pendant l'automne et l'hiver. Cela diminue considérablement la croissance des arbres à court terme, même à faibles niveaux de défoliation (Élie 2009).

En Algérie, *Thaumetopoea pityocampa* a été signalé en 1982. En juin de la même année, une autre espèce *Thaumetopoea bonjeani* a causé de graves dégâts dans la cédraie de Belezma (Gachi, 1994).

1-2- Systématique

Les processionnaires du pin sont des lépidoptères qui appartiennent au genre de *Thaumetopoea*. Ce genre renferme plusieurs espèces comme : *Thaumetopoea bonjeani*, *Thaumetopoea pinivora*, *Thaumetopoea processionea*, *Thaumetopoea pityocampa* et *Thaumetopoea wilkinsoni*. Ces espèces peuvent partager la même niche écologique et se nourrir sur la même espèce le long des stades larvaires. Elles ne sont distinguables que par certains paramètres morphologiques, telles que l'intensité de la couleur des ailes, et biologiques telles que le cycle de vie et la date d'éclosion des œufs (Rivière, 2011).

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Super-ordre : Endopterygota

Ordre : Lepidoptera

Famille : Notodontidae

Sous-famille : Thaumetopoeinae

Genre : *Thaumetopoea*

1-3- Cycle biologique de la processionnaire

La chenille processionnaire est une chenille à métamorphose complète, avec un cycle biologique annuel mais s'étendant sur deux ans ou plus (Hazil, 2019). Le cycle de développement comporte deux phases, l'une aérienne (ponte des œufs et développement des larves en cinq stades) et la seconde souterraine (nymphe et formation des adultes) (Huchon et Démolin, 1970; Hazil, 2019)

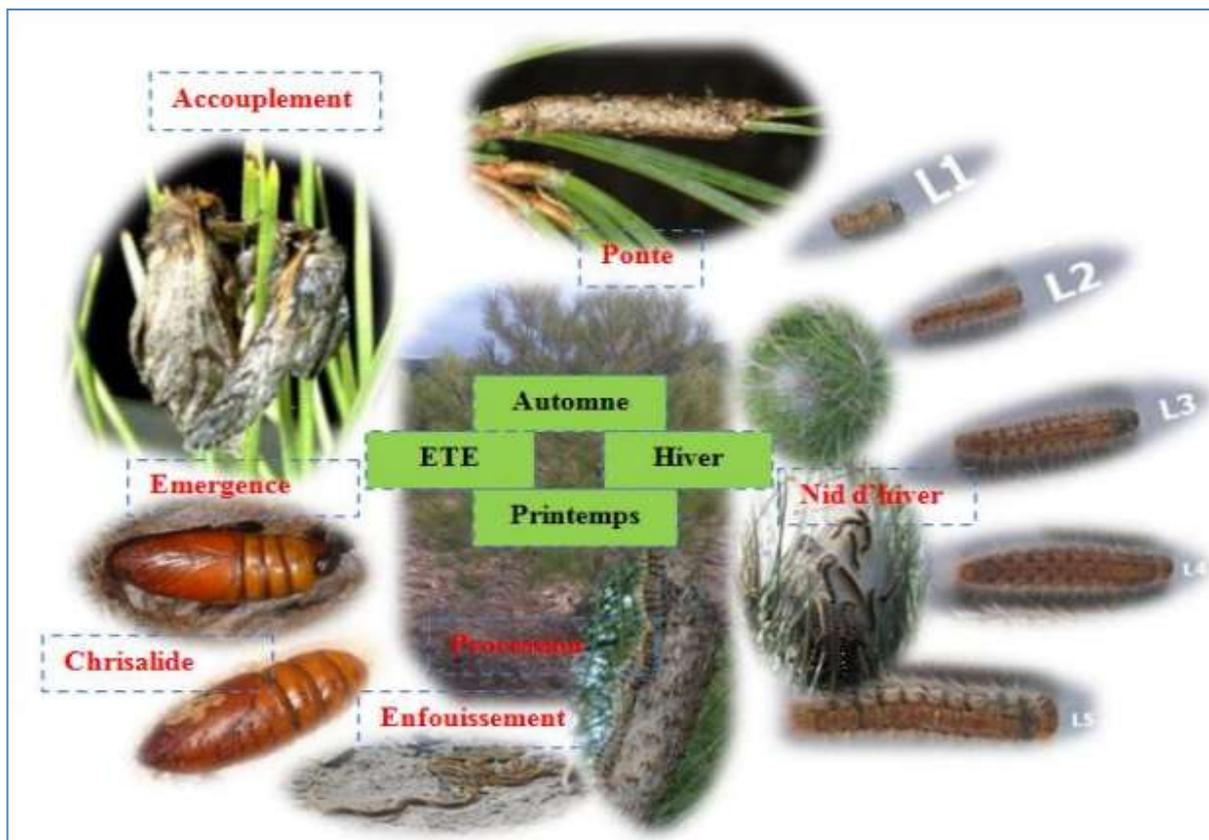


Figure 10: Cycle biologique de la processionnaire de pin (Sahnoune et Chibane, 2018)

1-3-1- La ponte

La femelle ramasse deux aiguilles au bout d'une brindille pour pondre ses œufs (figure 10). La forme des œufs ressemble à une manche et la longueur de l'œuf est de quelques centimètres. Les œufs sont recouverts d'écaillés protectrices de couleur beige clair, comptant entre 100 et 300 œufs sur une seule coquille (Demolin 1969; Boudjahem ,2020).

1-3-2- les stades larvaires

La période d'éclosion s'étend de fin juillet à fin septembre, selon les conditions climatiques appropriées et la température et la pression atmosphérique exactes (Martin 2007). Lorsque les larves émergent en L1, elles tissent un support en soie qui forme le nid d'hiver, qui les protège du froid et du rayonnement infrarouge (Elie 2009).

Le développement de la chenille processionnaire dure entre quatre et huit mois, et cela se déroule en cinq stades larvaires de L1 à L5 (figure 10). La différenciation entre les stades est faite en se basant sur la couleur et la taille de la chenille ainsi que la taille de la capsule céphalique (Martin et Bonnet 2008). Au premier stade larvaire, les larves jaunâtres mesurent environ trois millimètres et se caractérisent par la présence d'une grosse capsule noire.

Au deuxième stade, les larves deviennent rouges avec plus de poils latéraux. Puis la taille de la larve et son appareil piquant continuent à se développer au cours des stades larvaires avancés jusqu'à ce qu'elle atteigne finalement une longueur d'environ 5 cm au dernier stade larvaire (Demolin 1967; Rivière 2011).

Lorsque les larves sont complètement développées et que les conditions climatiques s'y prêtent, elles quittent le nid d'hivernage et forment une procession. Le phénomène de procession est l'aspect le plus intéressant du caractère social de la chenille en marche. La procession, menée par une seule chenille qui sert de guide, qui cherche l'endroit le plus ensoleillé et le plus chaud pour les cocons. La longueur des processions atteignait parfois 12 mètres (Demolin 1969; Boudjahem, 2020).

1-3-3- La chrysalide et vie souterraine

En fin de cycle, les larves quittent l'arbre en procession et recherchent un terrier chaud et meuble pour s'enfouir à quelques centimètres de la surface du sol. Ils tissent aussi un cocon pour se transformer en chrysalide et entrer en pupa, selon les régions et les conditions climatiques (Denis et Schiffer 1775 in Boudjahem, 2020). De plus, cette étape peut se poursuivre sous terre pendant des jours ou des mois, et elle se produit généralement entre les mois d'avril et d'août. Et lorsque les conditions ne sont pas réunies, la période de nymphose peut être prolongée jusqu'à cinq ans (Martin et Bonnet 2008).

1-3-4- L'émergence des adultes

Les adultes (figure 11) appelés également papillons émergent au crépuscule pendant la période qui va généralement de la mi-juin à la fin août, selon la région et leurs conditions climatiques. Leur activité est nocturne et leur vie est très brève (Sabaji et *al.*, 2015). Les mâles meurent après l'accouplement et les femelles recherchent des brindilles d'aiguilles de pin pour pondre leurs œufs (Cochard *et al.*, 2014; Boudjahem, 2020). Les papillons mâles se distinguent des femelles par leur plus petite taille (Martin et Bonnet 2008).



Figure 11: Adulte de la processionnaire du pin (Boutte, 2012)

1-4- Symptômes et dégâts occasionnés

La chenille processionnaire entraîne des pertes et des dégâts dans les peuplements de pins en forêt. Elle consomme également du feuillage, intense si les colonies sont importantes, et provoque des chutes de feuilles massives (figure 12) et des dégâts importants, en particulier sur les arbres jeunes ou faibles (Revière, 2011).

La chenille processionnaire du pin provoque des réactions allergiques qui peuvent entraîner des lésions cutanées et oculaires, et entraînent rarement des essoufflements voire des échecs et des réactions anaphylactiques et des lésions buccales observées chez les animaux domestiques et d'élevage (Rivière 2011; Budjahem , 2020). Ce bioagresseur provoque également des allergies chez certaines personnes lorsqu'ils sont exposés aux poils de la chenille (Meftahi et Smail, 2022).



Figure 12: Dégâts de la chenille processionnaire sur le pin d'Alep (Originale, 2023)

1-5- Moyens de lutte

1-5-1- La lutte mécanique

La lutte mécanique comprend l'enlèvement manuel et la destruction des nids de pins. Les nids coupés doivent être détruits par brûlage ou par trempage pendant 24 heures dans un réservoir contenant de l'eau et un agent mouillant (Claude, 2014)

1-5-2-Lutte biologique

La lutte biologique est l'utilisation d'organismes naturels pour lutter contre les espèces indésirables, et ils peuvent être des prédateurs naturels des traitements à base de bactéries, de champignons et de virus (Claude, 2014).

La lutte biologique par la mise en place de nichoirs à mésanges charbonnières au sein des sites infestés permet de réguler les populations de chenilles du pin. Les nichoirs doivent être

installés au début de l'automne, avant la période de nidification des mésanges. Il est recommandé d'installer entre 15 et 20 nichoirs par hectare dans la zone "à protéger". Ces boîtes doivent être installées à une hauteur supérieure à 1,80 mètre (Claude, 2014)

La lutte microbiologique consiste à appliquer une substance contenant du *Bacillus thuringiensis kurstaki* (*Btk*) sur les feuilles des arbres infectés par les cortèges de pins. Ce biocide est utilisé principalement durant certains mois de septembre à novembre, lorsque les larves sont dans leurs premiers stades larvaires. Cependant, le contrôle microbiologique est soumis à des contraintes réglementaires qui doivent être prises en compte avant toute décision thérapeutique. (Claude, 2014)

1-5-3- Lutte biotechnique (Piégeage)

Des pièges à base de phéromones sexuelle de synthèse sont installés sur les arbres, attire de fin juin à mi-septembre les papillons males (Revière, 2011).

2- Aperçu sur le puceron vert des agrumes

Les espèces de pucerons les plus répandues sur les agrumes sont *Aphis spiraecola* (figure 13), *A. gossypii*, *Toxoptera aurantii* et *T. citricidus* (Barbagallo et al., 2007).



Figure 13: Puceron vert des agrumes (Elabed ,2020)

Le puceron vert des agrume *Aphis spiraecola* (Homoptera : Aphididae) est un aphide qui peut vivre sur une très large gamme d'hôtes secondaires appartenant à plus de 20 familles, notamment, les Caprifoliaceae, Asteraceae, Rosaceae, Rubiaceae et Rutaceae (Blackman et Eastop, 2006). Saharaoui et al., (2001) ont mentionné que ce puceron est très dommageable aux agrumes en Algérie. Au Maroc, *A. spiraccola* a été observé pour la première fois en 1962, entre Rabat et Kenitra (Bové, 1967).

Le puceron *A. spiraecola* mesure 1,2 à 2,2 mm de long et a une couleur panachée allant du jaune verdâtre au vert pomme (Lykouressis,1990 ; Ellenreider,2003). Il existe également deux types de pucerons, qui se présentent sous la forme d'ailes ou d'aptères (figure 14). Ils sont interconnectés dans le dimorphisme et appartiennent au même cycle biologique (figure 15) (Benzait et Baghdad ,2017).

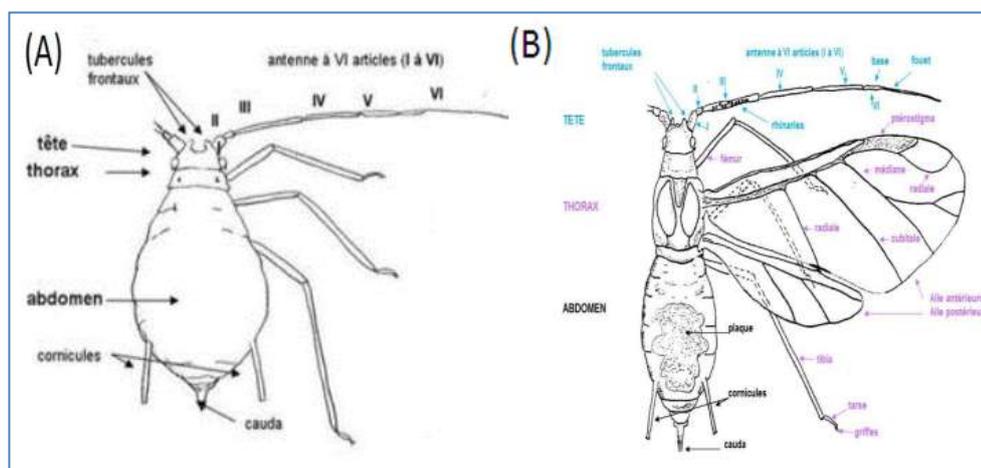


Figure 14: Morphologie générale d'un puceron. (A) aptère et (B) ailé (Turpeau et al., 2015)

2-1- Systématique

Selon Iluz (2011), le puceron vert des agrumes a été classé comme suit :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Sous classe : Pterygota

Ordre : Hemiptera

Famille : Aphididae

Genre : *Aphis*

Espèce : *Aphis spiraecola* Patch

2-2- Cycle biologique

Aphis spiraecola se développe sur plusieurs générations dans les agrumes en un an, et il est également connu pour se reproduire par parthénogenèse (Andreev et *al.*, 2009).

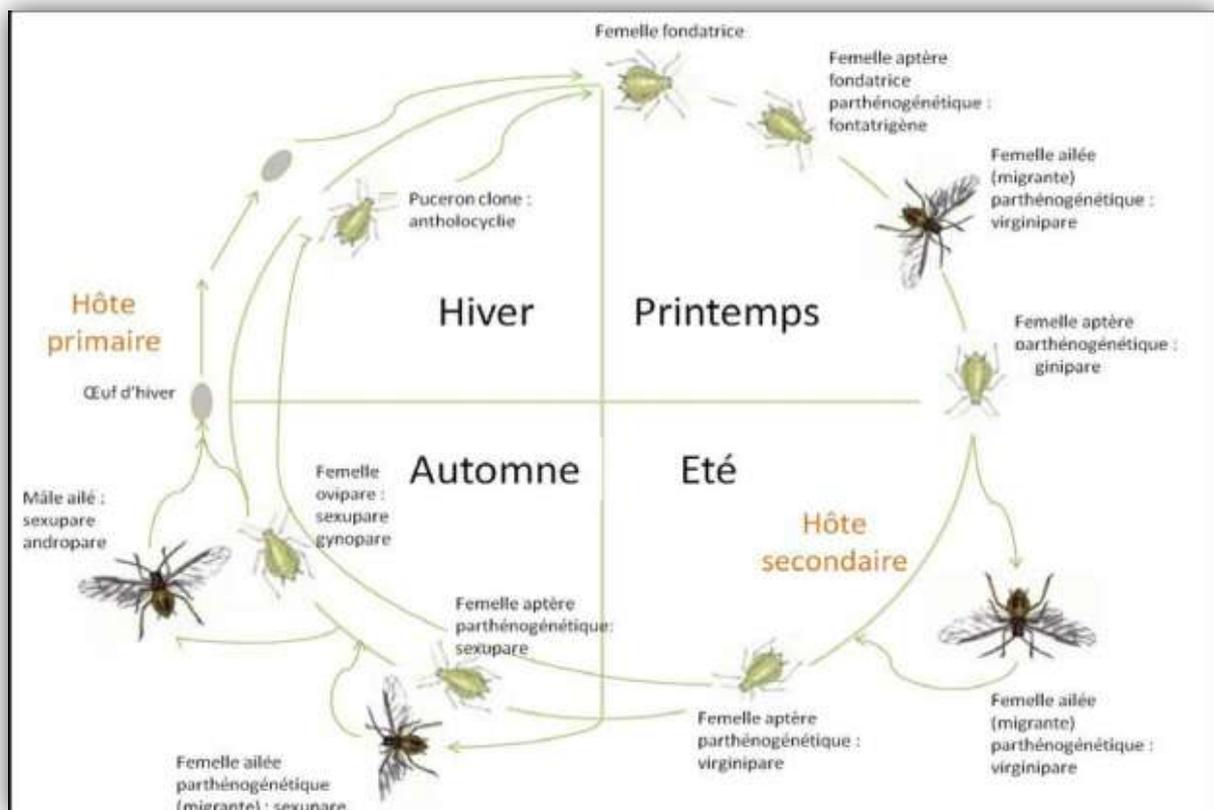


Figure 15: Cycle biologique des pucerons (Dewey, 2004)

La température a un effet sur l'insecte *Aphis spiraecola*, car elle affecte sa survie et sa croissance, et il ne vit pas à 35 °C. Entre 10 °C et 32 °C, le développement des stades larvaires varie de 23 jours à 10 °C à 7,3 jours à 28 °C pour tous les stades larvaires.

Le pourcentage de stades immatures retrouvés vivants varie de 78,2 à 95,0% à une température de 10 à 30 °C (Tsai et Wang ,2001).

Il a été noté que le taux de survie a diminué à 29,6 % à 32 °C. L'âge moyen des insectes femelles adultes varie de 36,5 jours à 10 °C à 6 jours à 32 °C. La température optimale de croissance d'*Aphis spiraecola* est de 20 à 30 °C (Elabed ,2020).

2-3- Symptômes et dégâts occasionnés

Aphis spiraecola est un ravageur foliaire qui se nourrit en suçant la sève des feuilles d'agrumes. Il provoque souvent une déformation des feuilles près de la partie apicale des tiges ou près des inflorescences et l'apparition de courbures (Van-Ee, 2005; Elabed . 2020). De plus, le puceron est considéré parmi les insectes qui transmettent des virus, et l'injection de sa salive dans la plante est la raison de la transmission à la fois des parasites et des virus, et pour cette raison, il est considéré comme l'un des plus grands insectes qui transmettent des virus phytopathogènes (Nault, 2011; Keddar et Belayachi , 2017)

Les pucerons sécrètent du miellat dans lequel se développent des champignons fumagines qui gênent la respiration des plantes et absorbent la chlorophylle. La modification de la qualité des produits végétaux comme les fruits a des conséquences économiques sur ces infections, qui sont des pertes importantes pour la culture. (Rabatel, 2011; Keddar et Belayachi , 2017).



Figure 16: Dégâts des pucerons sur l'oranger (Originale, 2023)

2-4- Moyens de lutte

L'utilisation d'aphicides de synthèse est largement répandue à travers le monde. Les aphicides systémiques, possèdent l'avantage de tuer les pucerons indépendamment de leur abri et de leur alimentation. Toutefois, l'utilisation de ce type de molécules conduit à leur persistance dans les parties de la plante et à un risque plus élevé de leur accumulation dans la chaîne alimentaire (Bhatia et al., 2011). De plus, la résistance aux insecticides a été démontrée chez plusieurs espèces de pucerons, telles que *A. gossypii* et *A. spiraecola* (Barbagallo et al., 2007).

Pour ces raisons, des méthodes de lutte alternatives ont été développées. Parmi celles-ci, figure l'exploitation des résistances naturelles chez les plantes et la lutte biologique, par l'utilisation d'insectes aphidiphages et l'utilisation de biopesticides (Sid ali, 2019). Les parasitoïdes des pucerons sont les plus utilisés dans les programmes de lutte biologique (tableau 01). Pour la faune prédatrice, elle est constituée principalement de coccinelles, de chrysopes et de syrphides (Praloran, 1971). Il existe également des champignons ennemis des pucerons (Powell et Pell, 2007).

Tableau 01 : Principaux auxiliaires et agents entomopathogènes commercialisés et employés en lutte biologique contre les pucerons à travers le monde (Powell et Pell, 2007)

Type	Espèces
Hyménoptères parasitoïdes	<i>Aphidius colemani</i>
	<i>Aphidius ervi</i>
	<i>Aphidius matricariae</i>
	<i>Lysiphlebus testaceipes</i>
	<i>Aphelinus abdominalis</i>
	<i>Aphelinus mali</i>
Champignons entomopathogènes	<i>Beauveria bassiana</i>
	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>
	<i>Lecanicillium spp.</i>
Insectes prédateurs	<i>Aphidoletes aphidimyza</i>
	<i>Adalia bipunctata</i>
	<i>Coleomegilla maculata</i>
	<i>Harmonia axyridis</i>
	<i>Hippodamia convergens</i>
	<i>Chrysoperla carnea</i>
	<i>Chrysoperla rufilabris</i>
	<i>Episyrphus balteatus</i>
	<i>Anthocoris nemoralis</i>
	<i>Deraeocoris brevis</i>
	<i>Geocoris punctipes</i>
<i>Orius sp.</i>	

Chapitre III :

Huiles essentielles et

plantes aromatiques étudiées

1- Les huiles essentielles

Les huiles essentielles, sont des métabolites secondaires, odorantes et volatiles produites par les plantes comme moyen de défense contre les bio-agresseurs phytophages (Csesk et *al.*, 1999). Elles sont hydrophobe, peu colorées, solubles dans l'alcool, les solvants organiques et les huiles végétales (Randrian , 2010) .

1-1- Localisation des huiles essentielles dans la plante.

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs. Les genres capables d'élaborer les constituants qui les composent sont répartis dans une cinquantaine de familles botaniques parmi lesquelles les Lamiacées, les Astéracées, les Rutacées, les Cannelacées, les Lauracées, les Myrtacées et les Zingibéracées (Bruneton, 1999).

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante : cellules à huiles essentielles des Lauracées ou des Zingibéracées, poils sécréteurs des Lamiacées, poches sécrétrices des Myrtacées ou des Rutacées, canaux sécréteurs des *Apiacées* ou des Astéracées (González et Trujano, 2007)

Les huiles essentielles d'agrumes sont stockées dans tous les organes de la plante : fleurs, feuilles et, bien que moins fréquemment, écorce, bois, racines, racines, fruits et graines (Mondello, 2005 ; Chaouche, 2021).

1-2- Propriétés biologiques des HEs

Les HEs contenues dans les herbes aromatiques sont responsables des différentes senteurs que dégagent les plantes. Elles sont très utilisées dans L'industrie des cosmétiques, de la parfumerie, l'industrie alimentaire (les arômes) et aussi de l'aromathérapie. Dans les domaines phytosanitaires, les huiles essentielles ou leurs composés actifs pourraient également être employés comme agents de protection contre les champignons phytopathogènes (Randrian , 2010) et en agroalimentaire, contre les microorganismes contaminant les denrées alimentaires (Smith-Palmer et Stewart et Fyfe, 2002).

Les huiles essentielles ont des propriétés Antivirale, Antibactériennes, Antiparasitaire, Antifongique, Antimicrobienne en industrie alimentaire, Spasmolytiques et sédatives, anti-inflammatoires et antihistaminiques,

1-2-1- Effet insecticide des HEs

L'usage des huiles essentielles dans la conservation des récoltes contre les insectes ravageurs a été pratiqué avant même l'apparition des insecticides de synthèse. Les HEs sont utilisées contre les ravageurs pour leurs effets insecticides et surtout insectifuges.

Plusieurs huiles essentielles extraites de matières végétales très variées sont, à dose contrôlée, moins toxiques à la santé humaine et présentent un effet toxique pour l'insecte. Certaines huiles, comme la lavande, le thym et l'origan, présentent des propriétés insecticides voire même parasitocides et répulsives importantes. L'application la plus connue est certainement l'effet répulsif de la citronnelle (Bruneton, 2009).

1-3- Composition chimique des huiles essentielles

Les huiles essentielles sont un mélange de plusieurs composés chimiques pouvant compter jusqu'à environ 100 composants (Thormar, 2011; Mechaala ,2021). Ils sont complexes et très variables et appartiennent à deux groupes distincts aux origines biogénétiques distinctes : les terpénoïdes et les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (Bruneton, 2009; Mechaala ,2021)

1-4- Procèdes d'extraction des huiles essentielles

Plusieurs méthodes sont utilisées pour l'extraction des huiles essentielles, des méthodes traditionnelles qui sont les plus utilisées c'est le cas de: l'hydrodistillation, l'entraînement à vapeur d'eau et l'enfleurage (Meyer-Warnod,1984); des méthodes innovatrices comme l'extraction au CO₂ supercritique et l'extraction sans solvant assistée par micro-ondes (Capuzzo et *al.*, 2013).

2- Plantes aromatiques étudiées

2-1- Eucalyptus

2-1-1 Description

L'eucalyptus est un arbre aromatique et médicinal qui mesure entre 25 et 35 m. Dans des conditions favorables, il peut atteindre une hauteur plus importante. Son bois est rouge et son tronc est recouvert d'une écorce lisse et grise, ses feuilles sont plates et brillantes, en forme de faucille. Au printemps ses fleurs apparaissent blanchâtres (Bruneton, 1999)

Cette plante est introduite en Algérie en 1854, elle s'étend dans des régions les plus sèches (quasi désertiques) jusqu'aux cotes humides (Beloued, 2005). Elle est apte à résister au froid et à croître sur des sols secs, siliceux calcaires, humides ou argileux, salés ou non, près ou loin de la mer (Merrouche et *al.*, 2016)

2- 1-2- Position systématique

Selon Croquist (1981), la systématique de *l'Eucalyptus* sp. est la suivante :

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida / Dicotylédones

Ordre : Myrtales

Famille : Myrtaceae

Genre : *Eucalyptus*

Espèce : *Eucalyptus* sp.

2-1-3- Composition chimique des HEs

Une étude portugaise a révélé qu'il y a 33 composés dans les huiles essentielles du fruit; dont les monoterpènes (50,4%), les sesquiterpènes (49,6%). Le composé majoritaire identifié est l'aromadendrene (25,1%), suivi de phellandrene (17,2%), 1,8-cineole (11,7%), ledene (5,83%) et du globulol (5,23%) (Pereira et *al.*, 2004). 47 composés ont été identifiés dans les huiles essentielles des feuilles: le 1, 8-eucalyptol (72,71 %), α -pinene (9,22 %), α -terpineol (2,54%), (-)-globulol (2,77%), α -terpineol acétate (3,11%), et d'alloaromadendrene (2,47 %) (Songa A et *al.*, 2009). Le composé majoritaire: L'eucalyptol ou le 1,8 cineole avec une concentration de 70 à 85% (Opdyke, 2002; Zhiri et Baudoux, 2005).

2-1-4- Activité insecticide des huiles essentielles d'*Eucalyptus*:

La plante d'*Eucalyptus globulus* a prouvé son effet insecticide contre *Lutzomyia longipalpis*, à 100% au stade larvaire à une concentration de 40 mg/ml (Maciel *et al.*, 2010). Les travaux de Abid en 2019, ont montré que l'huile essentielle d'*E. globulus* provoquait un taux de mortalité sur *Tribolium castaneum* allant de 11% à 47% après 3 jours d'exposition à une dose de 8 µl/ml.

2-2-Menthe verte

2-2-1 Description

Les menthes se développent sur un sol léger et humide, très odoriférantes en raison de l'huile essentielle qu'elles contiennent. Ce sont généralement des herbes vivaces, et elles sont toutes caractérisées par une tige carrée, des feuilles persistantes opposées et dentées, et des racines longs stolons qui se développent sous terre et donnent naissance à de nouveaux pieds un peu partout aux alentours, Leur étalement est sans fin. Elle atteint une hauteur variant de quelques centimètres à près d'un mètre, selon les espèces. En été, les fleurs regroupées en épis ronds ou allongés, de couleur lilas, blanche ou rose, attirent les abeilles (Anton; 2005, Benazzouz et Hamdane,2012)

2-2-2-Position systématique

D'après Moon et ces collaborateurs (2009), la classification du *Mentha spicata L.* est comme suit :

Règne : Plantea

Sous règne : Trachéophytes

Classe : Dicotylédones

Ordre : Lamiales

Famille : Lamiaceae

Sous-famille : Nepetoideae

Genre : *Mentha*

Espèce : *Mentha spicata L.*

2-2-3- Composition de l'huile essentielle :

L'huile essentielle de *Mentha spicata L.* contient : - 1 à 2,5% d'huile essentielle (substance sèche) - 22 à 42% de menthol - 50% de carvone - 4 à 30% de menthone - jusqu'à 10% d'esters de menthol (acétate, isovalérate) - autres terpénoïdes (polygone, pipérotone, menthofurane, pinène, limonène, cathène, phellandrène - acétaldéhyde, isovalérate, alcool

amylique, sulfure de diméthyle - la présence de 0 à 1% de jasmin, améliore significativement la qualité de l'huile essentielle (Sébastien ,2008).

2-2-4- Activité biologique des huiles essentielles de la menthe verte

Diverses études ont montré que *Mentha spicata* L. possède de nombreuses activités biologiques du fait de sa richesse en composés phénoliques et en huiles essentielles.((Alae et al., 2016;). Il possède diverses propriétés thérapeutiques comme antifongique, antivirale, antimicrobienne, insecticide et antioxydante (Almeida *et al.*, 2012;Taibi et Bengharbi, 2019),

L'huile de cette menthe est utilisée dans plusieurs activités, telles que son utilisation comme parfum dans le dentifrice, le chewing-gum, le savon et autres, et elle est utilisée dans les pesticides (Soysal,2005 ;Brahmi et *a l.*,2012;Taibi et Bengharbi,2019). Une étude mener par Menhour en 2018 a montré l'efficacité de cette huile contre plusieurs ravageurs.

Partie expérimentale

Chapitre I:

Matériel et méthodes

1- objectif

L'objectif principal de ce travail consiste à étudier *in vitro* l'effet larvicide des huiles essentielles de deux plantes aromatiques (*Eucalyptus* sp. et *Mentha spicata*), dans le but de déterminer leur efficacité sur la mortalité de la chenille processionnaire du pin d'Alep et des pucerons vert des agrumes.

2- Extraction des huiles essentielles

2-1- Plantes aromatiques utilisées pour l'extraction

Les huiles essentielles étudiées ont été extraites à partir de deux plantes aromatiques (l'eucalyptus et la menthe verte). Les feuilles de l'eucalyptus (figure 17) ont été récoltées le mois de Mars, dans la commune de Tawahariya (Mostaganem). Les feuilles et tiges sèches de la menthe verte ont été achetées du marché local (la plante a été préalablement récoltée dans la région d'El-Bayadh).



Figure 17: Feuilles de l'eucalyptus fraîche utilisée pour l'extraction des HEs (Originale, 2023)

2-2- Méthode d'extraction

L'extraction des huiles essentielles a été réalisée dans le laboratoire de biochimie de l'université de Mostaganem à l'aide d'un dispositif d'entraînement à la vapeur d'eau. Cela en triant et nettoyant 1500 g de l' *Eucalyptus* sp. et 300g de *Mentha spicata* . Le matériel végétal a été placé sur une grille métallique et introduit dans une cocote minute contenant de l'eau. Cet ensemble est porté à ébullition pendant deux heures et les huiles essentielles sont entraînées à la vapeur d'eau (figure 18). La vapeur d'eau et les molécules aromatiques condensées ont été récupérées dans un tube gradué dans lequel la décantation a été effectuée. La séparation entre eau et huile essentielle se fait par différence de densité, ce qui permet de le récupérer facilement. Après extraction, les volumes des huiles essentielles obtenus ont été mesurés puis conservés dans des flacons hermétiques (couverts avec du papier d'aluminium) dans un réfrigérateur à une température de $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$, jusqu'à leur usage pour les tests biologiques.



Figure 18 : Composants de distillation à la vapeur ;A: réfrigérant, B: condensateur, C: entrée de l'eau, D: sortie de l'eau, E: plaque chauffante, F: cocotte-minute et G: tube gradué (Originale, 2023)

2-3- Détermination du rendement

Selon la norme AFNOR (1986), le rendement en huile essentielle (R), est défini comme étant le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue après extraction (P_h) et la masse de la matière végétale utilisée (P_p). Il est donné par la formule suivante :

$$Rt(\%) = (P_h / P_p) \times 100$$

Rt : rendement en HE exprimé en pourcentage (%)

P_p : poids de la masse végétative en grammes

P_h : le poids de l'HE en grammes

2-4- Préparation des doses des huiles essentielles

Les doses utilisées ont été obtenus à partir des huiles essentielles pures des deux plantes (*Eucalyptus* sp. et *Mentha spicata*), diluée avec l'acétone à 60%. Quatre concentrations ont été préparées (Figure 19) soit : $D_1=1\%$, $D_2=0,5\%$, $D_3=0,25\%$ et $D_4=0,125\%$.



Figure 19: Différentes concentrations préparées

3- Évaluation de l'activité larvicide des huiles essentielles

3 -1- Matériel animale

Les deux insectes faisant l'objet de cette étude sont ; la chenille processionnaire du pin d'Alep (figure 20) et le puceron vert des agrumes (figure 21) .

Le premier bio-agresseur est la processionnaire du pin (figure 20), qui est considérée comme l'un des ravageurs défoliateurs du pin d'Alep en attaquant les feuilles qui sont sous forme d'aiguilles. L'échantillonnage s'est déroulé dans la commune de Masra, à l'ouest de la wilaya de Mostaganem (10Km), au lieu-dit forêt de Sidi Ben Dhiba (figure 22.A). Après localisation des symptômes, les nids contenant les larves de la processionnaire ont été récoltés puis les chenilles des deux derniers stades (L4 et L5) ont été choisies pour mener cette étude.

Il est indispensable de prendre toutes les précautions nécessaires comme l'utilisation du masque et des gants lors de la manipulation de ce bio-agresseur afin de se protéger de ses aiguilles urticantes qui cause des allergies chez l'homme.

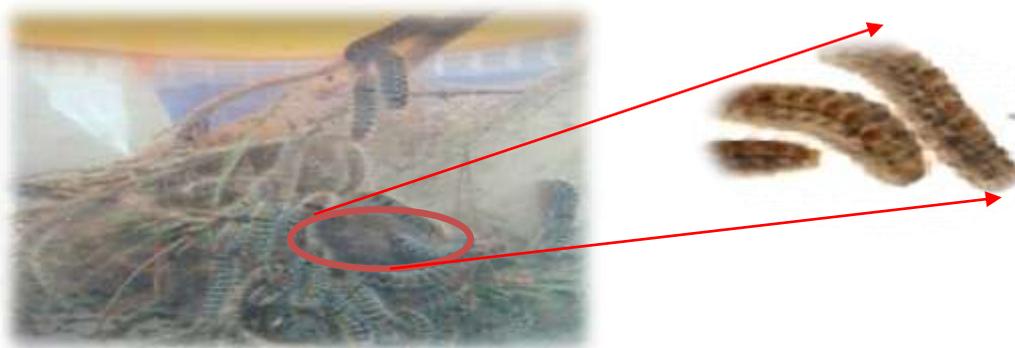


Figure 20 : Larves de la chenille processionnaire du pin d'Alep (Originale, 2023)

Le deuxième ravageur est appelé communément le puceron vert des agrumes. Cette espèce est récoltée sur des arbres d'agrumes situés au niveau d'une ferme privée dans la commune de Sirat (figure 22.B).



Figure 21 : Feuilles de l'oranger attaquées par les pucerons (Originale, 2023)

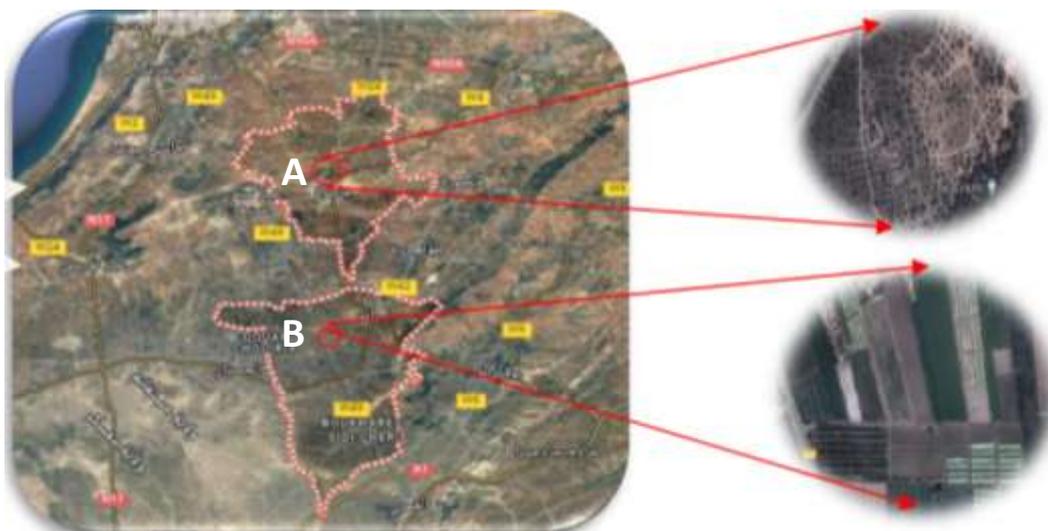


Figure 22 : Vue satellitaire des sites d'échantillonnage localisé à Mesra pour la processionnaire (A) et à Sirat pour les pucerons (B). (Google Earth, 2023)

3 - 2- Conduite des tests biologiques

3-2-1- La chenille processionnaire

Les bio-essais ont été effectués au laboratoire en déposant délicatement six larves de la chenille processionnaire dans un tube en verre (étiqueté et fermé par un bouchon) contenant des aiguilles de pin d'Alep. Le traitement des larves a été effectué par pulvérisation des extraits additionnés d'une goutte de tween 20 sur des lots de 18 individus. Chaque lot reçoit une seule pulvérisation de chaque phyto-préparation de telle sorte que les larves soient bien imbibées.



Figure 23 : Dispositif expérimentale des tests de toxicité sur les larves de la chenille processionnaire du pin d'Alep

Les lots témoin sont constitués des larves traitées par l'acétone 6%. Pour chaque huile essentiel testé il y'a 15 tubes à observer (figure 23). Le suivi des 30 tubes des deux tests

a été réalisé dans des conditions qui se rapprochent le plus possibles des conditions naturelles de l'insecte, dans la nature.

3-2-2- Le puceron vert des agrumes

Pour assurer une aération à l'intérieure de la boîte tout en empêchant le puceron de s'enfouir ; un tulle est collée sur la partie supérieure de chaque boîte préalablement troué (figure 23). Et pour garder la fraîcheur de la feuille le plus longtemps possible il a été nécessaire de recouvrir le fond de la boîte par une couche de papier absorbant légèrement humide.

Trente pucerons verts des agrumes portés sur des feuilles fraîches de l'oranger sont introduits dans trois boîtes Pétri à raison de 10 pucerons par boîte. Le traitement est effectué par pulvérisation des HEs des deux plantes (*Eucalyptus* sp. et *Mentha spicata*) séparément sur chaque lot de pucerons et ceci pour chaque dose ($D_1=1\%$, $D_2=0,5\%$, $D_3=0,25\%$ et $D_4=0,125\%$). Pour constituer le témoin, le même nombre de puceron est placé dans des boîtes pulvérisés par l'eau distillée contenant de l'acétone.



Figure 24 : Dispositif expérimental des tests de toxicité sur les larves du puceron vert des agrumes

Pour chacune des quatre concentrations des l'HEs des deux plantes (*Eucalyptus* sp. et *Mentha spicata*) ainsi que pour le témoin, trois répétitions ont été réalisées pour les deux ravageurs.

Les observations ont été effectuées quotidiennement afin de déterminer l'effet insecticide des HEs de l'*Eucalyptus* sp. et la *Mentha spicata*, sur les larves de la chenille processionnaire du pin d'Alep et les larves du puceron vert des agrumes. Les comptages des insectes morts sont effectués après 24 heures des traitements pour les quatre bio-essais.

Pour éliminer tous les risques de mortalité naturelle, Les mortalités dans les boîtes traitées (M1) ont été exprimées selon la formule d'Abbott (1925) en mortalités corrigées (MC), tenant compte des mortalités observées dans les boîtes témoins (Mt) selon la formule suivante :

$$\text{Mortalité corrigée (MC \%)} = [(M1 - Mt) / (100 - Mt)] * 100$$

M1 : est le pourcentage de la mortalité dans le lot traité

Mt : est le pourcentage de la mortalité dans le lot témoin

Pour estimer la dose létale de 50 % de la population d'insectes (DL50), sous l'effet de cet extrait, des droites de régression sont construites en dressant le taux de mortalité corrigé (donné en probits) en fonction des doses de traitement (Finney, 1971).

Chapitre II:

Résultats et discussion

1- Détermination du rendement

La figure 25 récapitule les résultats des rendements moyens des HEs extraites à partir de 1500 g de l' *Eucalyptus* sp. et 300 g de la *Mentha spicata*. Les rendements des HEs de ces plantes aromatiques sont respectivement de l'ordre de 0,25% et 0.8 %.

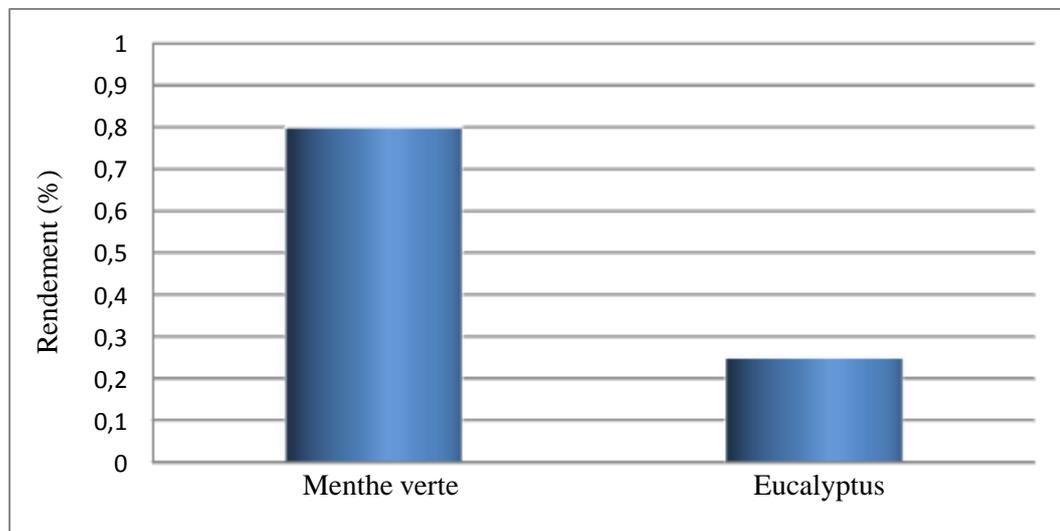


Figure 25 : Histogramme comparatif des rendements de deux plantes aromatiques (eucalyptus et menthe verte)

2- Activité larvicide des HEs de deux plantes aromatiques sur la chenille processionnaire du pin d'Alep et le puceron vert des agrumes

Les résultats de toxicité des huiles essentielles de l' *Eucalyptus* sp. et de la *Mentha spicata*. sur les larves de la chenilles processionnaire du pin d'Alep et du puceron vert des agrumes, sont représentés en annexes. Ils montrent les variations des mortalités cumulées et des mortalités corrigées en fonction du temps et des doses comparativement aux témoins.

2-1 Évaluation de l'efficacité des HEs de l' *Eucalyptus* sp. et de la *Mentha spicata*. sur les larves de la processionnaire du pin d'Alep

Les figures 26 et 27, représentent l'évolution de la mortalité des larves de la chenille processionnaire en fonction du temps sous l'effet des différentes doses des HEs de l'eucalyptus et de la menthe verte. Plus la concentration augmente plus la mortalité est importante.

Les résultats obtenus montrent une forte mortalité dans les lots témoins qui dépasse 60% dès le premier jour pour les deux tests. Cela nous a obligé à ne pas prendre en considération les résultats obtenus pour les différentes doses testées sur les larves de la chenilles processionnaire du pin d'Alep.

Figure 26 : Effet des différentes concentrations de l'HE de l'eucalyptus sur la mortalité des larves de la chenille processionnaire du pin d'Alep

Lorsque les expériences témoins présentent une mortalité comprise entre 5 et 20%, les pourcentages de mortalité sont corrigés en appliquant la formule d'Abbott. Tandis que pour les mortalités des témoins qui dépassent 20% les épreuves sont annulées. Malheureusement nous n'avons pas pu refaire les tests de toxicité par manque d'insectes.

Figure 27: Effet des différentes concentrations de l'HE de la menthe verte sur la mortalité des larves de la chenille processionnaire du pin d'Alep

2-2- Évaluation de l'efficacité des HEs de l'eucalyptus et de la menthe verte sur le puceron vert des agrumes

2-2- 1- Effet insecticide de l'HE de l'eucalyptus

Figure 28: Effet des différentes concentrations de l'HE de l'eucalyptus sur la mortalité du puceron vert des agrumes

Figure 29 : Mortalité corrigée du puceron vert des agrumes traité par l'HE de l'eucalyptus

Figure 30: Taux de mortalité de puceron vert des agrumes sous l'effet de l'HE de l'eucalyptus enregistré le quatrième jour.

2-2-2- Effet insecticide de l'HE de la menthe verte

Figure 31: Effet des différentes concentrations de l'HE de la menthe verte sur la mortalité du puceron vert des agrumes

Figure 32 : Mortalité corrigée du puceron vert des agrumes traité par l'HE de la menthe verte

Figure 33 : Taux de mortalité de puceron vert des agrumes sous l'effet de l'HE de la menthe verte enregistré le quatrième jour.

Conclusion

Le recours aux méthodes biologiques pour contrôler les bio-agresseurs et remplacer la lutte chimique, a eu un intérêt croissant ces dernières années. Parmi les interventions en faveur de la lutte biologique, il y a l'emploi d'insecticides botaniques en exploitant les molécules isolées des plantes.

Lors de cette étude, nous avons procédé à l'extraction des huiles essentielles de deux plantes aromatiques (*Eucalyptus* sp. et *Mentha spicata*) par entraînement à la vapeur afin d'évaluer leur potentiel larvicide sur la chenille processionnaire du pin d'Alep et les pucerons vert des agrumes.

Les tests réalisés *in vitro* ont fait ressortir que les HEs des deux plantes ont un important effet sur le puceron vert des agrumes. La mortalité est de 100% après 72 heures d'exposition pour la forte dose (D1= 1%) de l'HE de l'eucalyptus. En outre, les taux de mortalité augmentent proportionnellement avec l'augmentation de la dose et le temps d'exposition. L'huile essentielle de la menthe verte s'est montrée moins efficace que l'huile essentielle de l'eucalyptus.

Pour l'étude sur la processionnaire du pin d'Alep, les résultats ne sont pas fiables suite à la mortalité élevée des témoins qui dépasse 60% dès le premier jour pour les deux tests.

Cette étude apporte des résultats encourageants sur l'emploi des HEs extraites des plantes aromatiques comme bioinsecticide. À l'avenir, il est important d'identifier les molécules actives pour la formulation des produits phytosanitaires.

Références Bibliographiques

- Abid S., 2019.** Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme master Domaine : SNV Filière : Sciences Agronomiques Spécialité : Protection des végétaux .Thème : Effet insecticide des huiles essentielles de *Eucalyptus globulus L.* et *Globularia alypum L.* sur *Tribolium castaneum* Herbest. p25
- Amrouche N. et Djaadi H., 2020.** Faculté de Science de la Nature et de la Vie. Département de Biologie des populations et des Organismes MEMOIRE DE FIN D'ETUDE En vue d'obtention du diplôme de Master en Sciences Biologiques Spécialité : Parasitologie Thème ; Test biocide de l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* vis-à-vis du puceron vert des agrumes *Aphis spiraecola* (patch) ;p 4 ;5 ;6
- Andreev R., Rasheva D. et Kutinkova H., 2009.** Development of *Aphis spiraecola* patch (Hemiptera: Aphididae) on apple. Journal of plant protection research
- Afnor.,1986.** Recueil des normes française « huiles essentielles », AFNOR. Paris.
- Beloued A., 2005.** Les plantes médicinales d'Algérie. Ed. Office des publications universitaires (OPU), Alger.
- Banouh Y. et Chabane Chaouche M. , 2017.** Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme master Domaine : SNV Filière : Sciences Agronomiques, Spécialité : Santé des plantes. Thème ; L'effet de quelques facteurs biotiques et abiotiques sur *Aphis spiraecola* dans des vergers d'agrumicultures dans la région de Lakhdaria (Bouira) . p 18
- Barboni T., 2006.** Università di Corsica Pasquale Paoli Thèse Pour obtenir le grade de docteur de l'université de corse école doctorale environnement et société Discipline : chimie Spécialité : Chimie théorique, physique et analytique .thème ; Contribution de méthodes de la chimie analytique à l'amélioration de la qualité de fruits et à la détermination de mécanismes (EGE) et de risques d'incendie.p 37
- Barbagallo S., Cocuzza G., Cravedi P. et Komazaki S., 2007.** IPM case studies : Tropical and subtropical fruit trees. *In*: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), Aphids as Crop Pests, Ed. CAB International (UK), 663 - 676.
- Bhatia V., Uniyal P. L. et Bhattacharya R., 2011.** Aphid resistance in Brassica crops: challenges, biotechnological progress and emerging possibilities. *Biotechnology Advances* **29**, 879 - 888.
- Benabdelhadi A. et Elandaloussi H., 2021.** Département de biologie mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de master en biotechnologie et valorisation des plantes Thème ;Etude de l'activité insecticide de l'huile essentielle de *Myrtus communis* vis-à-vis d'*Aphis spiraecola* (puceron vert des agrumes).p 18
- Benaichour M. N. et Djouedm M., 2017.** Département d'agronomie Mémoire de fin d'étude pour l'obtention d'un diplôme master 2 en agronomie Spécialité: protection des cultures réalisée. Thème ; Etude de l'efficacité de *Metarhizium anisopliae* var *acridum* sur *Aphis spiraecola*. p 3
- Bendekken S., 2017.** Université de Ghardaïa Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre Département des Sciences Agronomiques Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique en Sciences Agronomiques Spécialité :

- Protection des végétaux .THEME ; Etude de la bio écologie de la mineuse des feuilles des agrumes *Phyllocnistis citrella* Stainton, 1856 (Lepidoptera : Gracillariidae) dans les régions d'oued Metlili et Zelfana (Wilaya de Ghardaïa).
- Benazzouz A. et Hamdane A., 2012.** Memoire Présenté pour obtenir le Grade de master Filière : Chimie Spécialité : Chimie pharmaceutique ; Thème : Etude et analyse des plantes médicinales Algérienne : *Mentha pulegium*, *Mentha rotundifolia* et *Mentha spicata* L .p 4-5,8-9,59
- Benkheira 2018.** République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche Direction Générale des Forêts Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche Direction Générale des Forêts. Les feux de forêts en Algérie analyse et perspectives
- Bentouati A., 2009.** Université El Hadj Lakhdar-Batna Faculte Des Sciences Département D'agronomie Thèse :Présentée par : Mr Bentouati Abdallah Pour l'obtention du diplôme de Doctorat d'Etat en Sciences Agronomiques Spécialité : Foresterie Sujet : Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* M.) du massif de Ouled Yagoub (Khenchela-Aurès).p 4,5
- Benzait S. et Baghdad H., 2017.** Département de biologie Mémoire de fin d'études Pour l'obtention du diplôme de Master en biologie Spécialité: valorisation des substances naturelles et Végétales Thème ; Etude de l'effet bio insecticide de l'extrait méthanoïque de *Mentha piperita* sur le puceron *Aphis spiraecola* .p 1 ;20
- Benkiki, N., 2006.** Etude phytochimique des plantes médicinales algérienne. *Ruta montana*, *Matricaria pubescens* et *Hypericum perfoliatum*. Thèse de Doctorat, Université Al-Hadj Lakhdar Batena, p. 112.
- Bey –ouldsi said Z., 2014.** Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister En Biologie Option : Alimentation et Technologie Alimentaire Thème : Activités biologiques des huiles essentielles des feuilles et du fruit d'une plante médicinale *Eucalyptus globulus* . p 6
- Bruneton, J., 1999.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. In: Technique et Documentation Lavoisier, Paris, pp. 418-419.
- Blackman, R.L. et Eastop, V.F., 2006.** Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs. Ed. John Wiley & Sons (UK),
- Biche M., 2012.** Les principaux insectes ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. Ed. Institut national de la protection des végétaux et le ministère de l'agriculture et du développement durable et FAO,
- Boudjahem I., 2020.** Thèse de Doctorat Présentée pour obtenir le diplôme de Doctorat en Sciences Domaine: Biologie Option: Entomologie Intitulé : Bioécologie de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff. *Lepidoptera* ; *Thaumetopoeidae*) dans la région de Guelma. Effet de certaines molécules sur la formule hemocytaire des chenilles. p 9-12 , p 17
- Bové ,1967.** Maladies à virus des citrus dans les pays du Bassin méditerranéen
- Bouguenna S., 2011.** MEMOIRE Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magister Spécialité : Agronomie Option : Gestion durable des écosystèmes forestiers ; Theme :

- Diagnostic écologique, mise en valeur et conservation des pineraies de *Pinus Halepensis* de la région de Djerma (Nord-est du parc national de Belezma, Batna).p 13-17
- Bouchoul D., 2016.** Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister spécialité : protection des végétaux, option : entomologie appliquée et préservation des milieux naturels Thème : Utilisation de quelques extraits végétaux dans la lutte contre la cochenille blanche du palmier dattier *Parlatoria blanchardi* Targ. (Homoptera, Diaspididae) dans la région de Ouargla . p 33
- Boutte B., 2012.** Bilan de la santé des forêts 2012 - Bilan de la surveillance de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) en forêt en 2011 et 2012
- Bouhabila A., 2019.** ULiège - Faculté des Sciences - Département des Sciences et Gestion de l'Environnement UCLouvain - Faculté des bio ingénieurs la forêt Algérienne face au changement global quelle place pour l'agroforesterie mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de master de spécialisation en sciences et gestion de l'environnement dans les pays en développement
- Capuzzo, E., Painting, S. J., Forster, R. M., Greenwood, N., Stephens, D. T., et Mikkelsen, O., 2013.** Variability in the sub-surface light climate at ecohydrodynamically distinct sites in the North Sea. *Biogeochemistry*,
- Chaouche N., 2021.** Mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme de Master Filière: Génie des procédés Spécialité: Génie chimique Thème : étude de l'extraction des huiles essentielles par deux méthodes a partir des écorces d'orange .p 6-7,11-15
- Chikhi A ., 2019.** Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques Département des sciences Agronomique Mémoire de fin d'étude En vue de l'obtention du diplôme de master en sciences agronomiques Spécialité : Science de sol. Thème; Contribution à l'étude de la fertilité des sols sous agrumes cas de l'orangerie de la région de Draâ Ben Khedda
- Chouachi A ., 2016.** Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem Faculté des Sciences de la Nature et de la vie département de biologie Mémoire de fin d'études Présenté par Pour l'obtention du diplôme de Master ii en Biologie Spécialité : Valorisation des substances naturelles végétales. Thème ; Etude de l'effet insecticide des extraits méthanoïques des deux plantes *Ricinus communis L.*, *Nicotiana glauca* et leurs synergies sur le puceron d'agrumes *Aphis spiraecola*
- Claude M ,2014.** Les clés pour lutter contre la processionnaire du pin." Les clés pour lutter contre la processionnaire du pin (2014) .p 7-11
- Csesk, J. 1999.** Kaufman, P. B. How and why these compounds are synthesized by plants. Natural products from plants. CRC Press , Boca Raton FL. 1999, p, 37-90.
- Dambier D., Benyahia H., Pensabene-Bellavia G., Kaçar Y.A., Froelicher Y., Belfalah Z., Lhou B., Handaji N., Printz B., Morillon R., Yesiloglu T., Navarro L. et Ollitrault P., 2011.** Somatic hybridization for citrus rootstock breeding : An effective tool to solve some important issues of the Mediterranean citrus industry. *Plant Cell Reports* **30**, 883 -900.
- Dewey. M., 2004.** Aphids. Ed Cooperative extension ENT-20, University of Delaware
- Elabed L.M . 2020.** département deuxième cycle Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur en Agronomie Spécialité: Protection des Végétaux. Thème ;

- Aménagement de la protection phytosanitaire contre le puceron des agrumes *Aphis spiraecola* Patch, 1914 (*Hemiptera:Aphididae*) dans la région de Mostaganem. p 8,9,10
- Elie F., 2009.** Chenilles processionnaires. mai 2004, mars 2006, mars 2009, pp : 2-8.
- Ghelamallah.A., 2005.** Etude bio écologique du complexe parasitaire inféodé a *Phylocnistis citrella* Stainton dans la région de mostaganem. Mémoire d'ingénieur agronome, spécialité : protection des végétaux. Université de Mostaganem. 65 pages.
- Ghougali, F. 2020.** Contribution à l' évaluation de la diversité et du contrôle génétique de la croissance et de la fructification chez les pins de types halepensis (*Pinus brutia*-*Pinus halepensis*) Fayssal Ghougali To cite this version : HAL Id : hal-01877181. September 2011.
- Gachi M., 1994.** Note sur la présence en Algérie de la processionnaire du cèdre: *Thaumetopoea bonjeani* Powell (Lepidoptera; Thaumetopoeidae). Ann. Rech. For. Maroc, T (27)
- Guit B. 2015 :** Thèse En Vue De L'obtention Du Diplôme De Doctorat En Sciences Agronomiques Thème : Croissance Et État Sanitaire Des Peuplements De Pin D'alep (*Pinus Halepensis* Mill.) Dans Le Massif Forestier De Senalba (Région De Djelfa).P 7-8
- González et Trujano, M E. ,2007.** Evaluation of antinociceptive effect of Romarin officinalis L.using three différent experimental models in modents .J theopharmacol.
- Hezil S, 2019.** Thèse En vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques Option : Biologie et Écologie en Zoologie Agro-Sylvo-Pastorale : Thème ; Expansion de la processionnaire du pin et de ses parasites embryonnaires dans les pinèdes de la région de Djelfa. p 12-14
- Hill, 2008.** Hill, E. J., Grzywacz, J. G., Allen, S., Blanchard, V. L., Matz-Costa, C., Shulkin, S., et al. (2008).Defining and conceptualizing workplace flexibility. Community, Work & Family, 11(2), 149,163
- Kaloustian J et Minaglou F.H, 2012.** La connaissance des huiles essentielles : qualitologie et aromathérapie Entre science et tradition pour une application médicale raisonnée
- Kaddourl Y. et Bouraba A ,2018.** département d'agronomie mémoire de fin d'études présentés par master 2 en agronomie Spécialité : Protection des cultures . THÈME ; « Étude de l'effet « in vitro » et « in vivo » de l'extrait méthanoïque de *Salvia officinalis* sur le puceron vert des agrumes *Aphis spiraecola* »
- Keddar N. et Belayachi K , 2017.**département de biologie mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de master ii en biologie Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes . Thème ; Etude de l'effet insecticide des extraits polyphénols et caroténoïdes de *Nerium oleander* sur *Aphis spiraecol*
- Larousse, 2002.** Larousse Agricole. Ed. Larousse, Paris, 767 p
- Loisel R., 1976.** Place et rôle des espèces du genre *Pinus* dans la végétation du sud-est méditerranéen français. Ecologia Mediterranea, 2 : 131-152.
- Lieutaghi, P, 2004.** Le végétal : pratiques d'un monde périlleux, in « Des poisons, nature ambiguë », Ethnologie française, vol. 3, Paris, PUF, pp 485-494.
- Maciel, M.V., Morais, S.M ., Bevilaqua, C.M.L., Silva, R.A., Barros, R.S., Sousa, R.N.,Sousa, L.C., Brito, E.S. et Souza-Neto, M.A. (2010).** Chemical composition of

- Eucalyptus spp.essential oils and their insecticidal effects on Lutzomyialongipalpis.
Journal of Veterinary Parasitology
- Madi M. et Mammasse F., 2019.** Mémoire de fin de cycle En vue de l'obtention du diplôme Master en Génie Alimentaire. Thème : Enrichissement de la margarine avec des antioxydants naturels « *Eucalyptus globulus* & *Laurus nobilis* » p7
- Maidi N. et Rachedi C ,2022.** Projet de fin d'étude En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Ecologie animale Option : Ecologie animale .Thème : Biologie de quelques espèces de *Scolytida* et leurs ennemis naturels dans les pinèdes de Djelfa. p22
- Martin J.C., 2007.** Méthodes de lutte contre la chenille processionnaire du pin en forêt. Régions corse, Languedoc- Roussillon, Paca et Rhône- Alpes. Département de la santé des forêts Information technique N° 57. Echelon technique Sud – Est
- Martin J.C et Bonnet C., 2008.** Les moyens de lutte disponibles et à venir en milieu forestier et urbain. In : Colloque Insectes et changement climatique. Micropolis, Aveyron. France.
- Meyer-Warnod, B. 1984.** Natural essential oils: extraction processes and applications to some major oils, Perfumer & Flavorist 9, 93-103.
- Mechaala S., 2021.** thèse en vue de l'obtention du diplôme de doctorat LMD en sciences biologiques option : valorisation et conservation des ressources naturelles thème : Étude ethnobotanique et détermination du pouvoir inhibiteur des huiles essentielles de deux plantes médicinales de la région de Biskra sur des bactéries productrices de β -lactamases à spectre étendu isolées à partir du lait cru et du babeurre
- Meftahi B. et Smail I., 2022.** Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre Département des Sciences Agronomiques Spécialité : Production végétale memoire de fin d'études en vue de L'obtention du diplôme de master en Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre Thème :La répartition des nids d'hiver de la chenille Processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* schiff dans les forêts de pins et de cédres da la régio d'Ain-Defla
- Mellah A, et Triaki Z , 2020.** République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Université M'hamed Bougara - Boumerdes Faculté des Sciences Domaine : SNV Filière : Agronomie Spécialité : phytopharmacie et protection des végétaux Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Master II Académique. Thème ; Biodiversité des pucerons des rosacées et des agrumes à Boumerdes .p 3, 17
- Menhour A ,2018.** Mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme: Master Académique Filière : Sciences Agronomiques Option: Phytopharmacie appliquée . Thème ; Activité biopesticide des extraits de quelques plantes
- Miloudi R , Benzerguine K et Berkan R , 2020.** Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie Filière : Sciences Biologiques Spécialité : Toxicologie .thèse : Etude des propriétés physicochimiques et biologiques d'*Eucalyptus citriodora* Hook.
- Mohammedi B N ,2015.** Thèse En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat En Sciences Agronomiques Spécialité : Protection des végétaux Option : Zoologie appliquée à la

- protection des végétaux . Thème Les pucerons des Agrumes et leurs ennemis naturels en Mitidja orientale (Algérie).P 51
- Makhloufi L. et Sadi S., 2002.** Impact de la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff) sur la croissance du pin d'Alep ('*Pinus helepensis* Mill) dans la région de Ain-Abessa (Sétif). Mémoire d'ing. Biologie Sétif. 24p.
- Merrouche, A. Touati, H. et Zemmar, K., 2016.** Etude préliminaire de l'activité insecticide des extraits des plantes (*Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* et *Nerium oleander*) à l'égard d'une espèce de moustique *Culex pipiens*. MASTER Spécialité : Biologie, évolution et contrôle de population d'insectes Université des Frères Mentouri Constantine P70.
- Nahal. I. 1962.** Le pin d'Alep. Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. *Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts*. **4**. 533.627.
- Ousaadi Y et Moukdad N ,2017.** Faculté des sciences de la nature et de la vie Département d'agronomie Mémoire de fin d'étude Pour l'obtention du diplôme de : Master II en Agronomie Spécialité : Protection des cultures . Thème : Evaluation in vitro de l'effet insecticide du romarin (*Rosmarinus officinalis*) et de la sauge (*Salvia officinalis*) vis-à-vis du puceron vert des agrumes (*Aphis spiraecola*). p 3 , 8 , 9
- Quezel P ,1980.** Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. Dans : Actualités d'Ecologie Forestière (éd : PESSON), édition Gauthier Villars, Paris, p. 205-256.
- Prévosto B, 2013.** Extrait le pin d'Alep en France Guide pratique le pin d'Alep en France ,17 fiche pour connaître et gérer. Bernard Prévosto, coordinateur.
- Praloran J.C. 1971.** *Les agrumes*. Paris, Maisonneuve et Larose, 565 p.
- Powell W. et Pell J. K., 2007.** Biological control. *In*: van Emden H. F. & Harrington R. (eds.), *Aphids as Crop Pests*, Ed. CAB International (UK), 469 - 513.
- Randrian A R , 2010.** Université d'Antananarivo faculte des sciences departement de biochimie fondamentale et applique. Docteur ès Science de la vie de Université d'Antananarivo .option : Biochimie (Biotechnologie - Microbiologie); étude de l'activité antimicrobienne d'une plante endémique de madagascar « *cinnamosma fragrans* », alternative aux antibiotiques en crevetticulture
- Ripert C. et Vennetier M., 2001.** Croissance et écologie du pin d'Alep en France. CEMAGREF. Division agriculture. Groupement d'Aix en Provence. Le Tholonet-BP 31. 38 p
- Rivière J., 2011.** Les chenilles processionnaires du pin : évaluation des enjeux de santé animale. Thèse doctorat vétérinaire. La faculté de médecine de Créteil France.206 p.
- Sahnoune F. S et Chibane M,2018.** Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme master académique thème : La distribution des nids d'hiver de la chenille processionnaire du pin d'Alep *Thaumetopoea pityocampa* dans la région de Sour El Ghozlane .p 21
- Schimmenti E., Borsellino V. et Galati A., 2013.** Growth of citrus production among the Euro-Mediterranean countries: political implications and empirical findings. *Spanish Journal of Agricultural Research* **11** (3), 561 - 577.

- Seigue A., 1985.** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 502 p.
- Smith-Palmer, A., Stewart, J., et Fyfe, L. 2002.** Inhibition of listeriolysin O and phosphatidylcholine-specific production in *Listeria monocytogenes* by subinhibitory concentrations of plant essential oils. *Journal of Medical Microbiology*, 51(7), 567- 608.
- Sébastien D, 2008.** L3 SVB Menthe verte *Mentha spicata* L3SV 2008-2009 – Systématique des Angiospermes monographie de la menthe verte .p 2
- Sid ali Z., 2019.** Mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences Agronomiques Spécialité : Protection des Végétaux . Sujet ; Étude de l'effet biocide des extraits aqueux de l'oranger (*Citrus sinensis*), du citronnier (*Citrus limon*), du clémentinier (*Citrus clementina*) et du pamplemoussier (*Citrus maxima*) vis-à-vis du puceron noir de la fève *Aphis fabae Scopoli*, 1763 (*Homoptera*). p 17,18
- Taibi K., et Bengharbi M., 2019.** Projet de fin d'étude En vue de l'obtention du Diplôme de Master II Filière : Sciences Alimentaires Spécialité: Agroalimentaire et Contrôle de Qualité .Thème: Contribution à l'étude de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle et des extraits de *Mentha spicata* p21-22
- Tsai, J.H., et Wang, J.-J., 2001.** Effects of host plants on biology and life table parameters of *Aphis spiraeicola* (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 30(1)
- Turpeau E., Hullé M. et Chaubet B., 2015.** La morphologie des pucerons et les critères d'identification. Disponible sur le site <https://www6.inra.fr/encyclopediepucerons/Quest-ce-qu-un-puceron/Morphologie>.
- Vinci, 2023.** VINCI-Techhnologies conventioanl rock analysis, catalog-Product Catalog 2023 vinci . p 19
- Zhiri A et Baudoux D. 2005.** les huiles essentielles chémotyées :ISBN :2-919905-27-9 Edition Inspir Development. P

