

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

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



جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DÉPARTEMENT DE SCIENCES AGRONOMIQUE
MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

Mlle **LIMAM Sara**

&

Mlle **ZINE Imane**

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN PROTECTION DES VÉGÉTAUX

Thème

**Effet insecticide de l'huile essentielle
d'*Eucalyptus camaldulensis* vis-à-vis du puceron noir de la fève
(*Aphis fabae*)**

Soutenu publiquement : **25 Juin 2025**

Devant le jury :

Président	Dr SAIAH Farida	M.C.B	U. Mostaganem
Examinatrice	Dr BADAOUI Ikram	M.C.B	U. Mostaganem
Promotrice	Dr BERGHEUL Saida	M.C.A	U. Mostaganem
Co-promotrice	Dr HAFFARI Faouzia	Dr	U. Mostaganem

Année universitaire 2024/2025

Remerciements

Tout d'abord, nous rendons grâce à **Dieu**, Tout-Puissant, pour la force, la patience, la santé et la volonté qu'Il nous a données jusqu'à la dernière étape.

La réalisation de ce travail n'aurait pas été possible sans l'appui et l'aide de nombreuses personnes, auxquelles nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à **nos parents** chéris, pour leur amour, leurs sacrifices et leur soutien constant.

Nous remercions également **nos frères** et **sœurs** pour leurs encouragements continus et leur présence toujours à nos côtés.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre directrice de mémoire, **Mme BERGHEUL Saida**, pour son encadrement rigoureux, sa patience, sa disponibilité, et surtout pour ses précieux conseils qui ont alimenté et guidé nos réflexions tout au long de ce travail.

Nous remercions également chaleureusement la chercheuse **Mlle HAFFARI Fouzia**, pour sa disponibilité, ses conseils avisés, qui ont grandement contribué au succès de notre stage et ont facilité l'élaboration de ce mémoire.

Nous exprimons aussi notre sincère reconnaissance à **Mme SAIAH Farida** et **Mme BADAOU Ikr**am, membres du jury, pour l'intérêt qu'elles ont porté à notre travail, ainsi que pour leurs remarques constructives et enrichissantes.

Nos sincères remerciements vont aussi à tout le personnel du laboratoire, et à l'équipe de la ferme expérimentale, pour leur collaboration inestimable, leur soutien dans les travaux pratiques et leur aide précieuse pour la mise en place des expériences sur le terrain.

Nous adressons aussi nos remerciements les plus sincères à tous nos proches, amis et collègues,

Qui ont toujours été là pour nous, dont le soutien inconditionnel et les encouragements ont été une aide précieuse.

Enfin, nous remercions toutes celles et tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail notre respect et notre profonde gratitude.

Dédicace

Je dédie ce travail avec tout mon amour et ma profonde gratitude à:

Mes chers parents,

Pour leur amour inconditionnel, leur soutien indéfectible, leurs sacrifices inestimables, et leurs prières qui m'ont accompagnée à chaque étape.

Mes frères et sœur : Zakaria, Nadjet et Abdenour,

Merci pour votre amour sincère, votre soutien continu, et votre présence dans ma vie est une bénédiction inestimable.

Je tiens également à dédier ce mémoire à **mes amies** les plus proches:

Khadîdja, Warda, Hanane, Rania, Fatima et Samah

Pour votre présence fidèle, votre soutien moral, vos encouragements sincères, votre aide précieuse et votre bienveillance inépuisable.

Une pensée toute particulière à ma collègue de mémoire **Sara**, avec qui j'ai partagé cette aventure scientifique riche en défis, en doutes, et en petites victoires. Merci pour ta coopération, ton soutien et ta présence précieuse tout au long de ce parcours.

Je n'oublie pas **mes collègues** avec qui j'ai vécu cette expérience enrichissante, entre les difficultés sur le terrain, les moments de réflexion, et les réussites partagées merci pour votre esprit d'équipe et votre engagement.

Enfin, Toute ma reconnaissance va également à mes deux familles chéries : la famille

ZINE et la famille **KADRI** pour leur amour, leur soutien et leur présence chaleureuse.

Z. Imane

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

À mes parents,

Pour votre amour inconditionnel, vos sacrifices silencieux et votre foi inébranlable en moi. ***Ma très chère mère*** qui que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mon très cher père tu as toujours été à mes côtés, sans jamais me priver de tes prières sincères, ni de ton soutien, aussi bien morale que matériel. Tu as été un véritable pilier à chaque étape, et ta présence dans ma vie est une bénédiction inestimable Vous êtes ma force, mon refuge, et ma plus grande source d'inspiration.

À mes frères et sœurs, Asmaa, Kheira, Ali et Mohammed

Merci pour votre présence constante, votre soutien discret mais puissant, et vos mots qui ont su reconforter mon cœur dans les moments de doute.

À mes deux neveux Ibrahim et Ahmed Yacine vos sourires et votre affection m'ont souvent donné l'élan nécessaire pour avancer. Vous êtes une lumière dans ma vie.

À ma famille, à mes amis, à mon meilleur binôme **Imane** merci de m'avoir accompagnée tout au long de cette période de préparation du mémoire et à toutes les personnes chères à mon cœur. Merci pour votre tendresse, vos encouragements. Ce mémoire vous est dédié, avec tout mon amour, toute ma gratitude et tout le respect que vous méritez. Sans vous, ce chemin aurait été bien plus difficile.

L.Sara

Résumé

Cette recherche vise essentiellement à étudier le potentiel insecticide de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* contre *Aphis fabae*, un nuisible redouté des cultures de la fève (*Vicia faba*), dont la population est en hausse en Algérie. Pour répondre à cet objectif, une extraction par entraînement à la vapeur d'eau des feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis* a été réalisée, suivi d'une évaluation de la toxicité de l'huile essentielle de la plante par deux tests contact et répulsif. Un rendement très intéressant de l'huile a été obtenu à partir de la plante estimée à 6,6% pour 1500g (0,44% pour les feuilles sèches). Les résultats des deux tests : contact et répulsif montrent une activité insecticide proportionnelle aux doses appliquées (0,5 ; 1 ; 1,5 et 2 $\mu\text{l/ml}$) ainsi qu'au temps d'expositions (5, 30, 60 et 120 minutes). Un taux de mortalité de 100 % a été observé à 1,5 et 2 $\mu\text{l/ml}$ pour le test de contact, tandis que pour le test répulsif, une létalité de 74,75 % a été notée après 120 minutes de traitement.

À titre de comparaison, un insecticide chimique de référence, l'Acétamipride 20 % (Astrad®), a été utilisé en tant que témoin positif. Ce dernier a également provoqué une mortalité de 100 % dans le test de contact, mais a montré un faible pouvoir répulsif dans le test de répulsivité.

L'huile essentielle d'eucalyptus s'avère très efficace, même à faibles doses, avec une DL_{50} de 0,43 μl pour le test de contact et de 0,036 μl pour le test répulsif. Ces résultats prometteurs constituent une base pour une élaboration de biopesticides d'origines naturelles intégrable dans la stratégie de la lutte biologique.

Les mots clés : *Eucalyptus camaldulensis*, *Aphis fabae*, huile essentielle, test de contact, test répulsif, DL_{50} .

Abstract

This research primarily aims to investigate the insecticidal potential of the essential oil of *Eucalyptus camaldulensis* against *Aphis fabae*, a notorious pest affecting broad bean (*Vicia faba*) crops, whose population has been on the rise in Algeria. To achieve this objective, steam distillation was used to extract the essential oil from the leaves of *Eucalyptus camaldulensis*, followed by an evaluation of the oil's toxicity through two types of tests: contact and repellent. A significant yield of essential oil was obtained, estimated at 6.6% from 1500g (0.44% from dried leaves). The results of both tests showed insecticidal activity proportional to the applied doses (0.5; 1; 1.5; and 2 $\mu\text{l/ml}$) as well as to the exposure times (5, 30, 60, and 120 minutes). A mortality rate of 100% was recorded at 1.5 and 2 $\mu\text{l/ml}$ in the contact test, while the repellent test showed a lethality of 74.75% after 120 minutes of treatment.

For comparison, a reference chemical insecticide, Acetamiprid 20% (Astrad®), was used as a positive control. It also caused 100% mortality in the contact test, but showed low repellent activity in the repellency test.

The eucalyptus essential oil proved to be highly effective even at low doses, with an LD_{50} of 0.43 μl for the contact test and 0.036 μl for the repellent test. These promising results provide a foundation for the development of natural-origin bio pesticides that can be integrated into biological control strategies.

Keywords: *Eucalyptus camaldulensis*, *Aphis fabae*, essential oil, contact test, repellent test, LD_{50} .

ملخص

تهدف هذه الدراسة أساسًا إلى تقييم الفعالية الحشرية لزيت الأوكالبتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) العطري ضد حشرة المنّ الأسود (*Aphis fabae*)، وهي من الآفات الضارة المعروفة التي تُصيب محاصيل الفول (*Vicia faba*) والتي تشهد تزايدًا ملحوظًا في الجزائر. ولتحقيق هذا الهدف، تم استخراج الزيت العطري من أوراق الأوكالبتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) بواسطة التقطير بالبخار، ثم تم تقييم سُميته من خلال اختبارين:

اختبار التلامس واختبار الطرد. وقد أظهر الاستخلاص مردودًا مهمًا من الزيت العطري بلغ 6,6% من 1500 غرام (0,44% من الأوراق الجافة). أظهرت نتائج كلا الاختبارين نشاطًا حشريًا يتناسب طردًا مع الجرعات المستخدمة (0,5؛ 1؛ 1,5؛ 2 ميكرو لتر/مل) وكذلك مع مدد التعرض (5، 30، 60 و120 دقيقة). وقد تم تسجيل نسبة فتك بلغت 100% عند الجرعتين 1,5 و2 ميكرو لتر/مل في اختبار التلامس، في حين سُجِّلت فاعلية طاردة بلغت 74,75% بعد 120 دقيقة من المعالجة في اختبار الطرد.

للمقارنة، تم استخدام مبيد كيميائي مرجعي وهو أسيتامبيريد 20% باعتباره شاهداً موجباً وقد تسبب أيضاً في معدل وفيات بنسبة 100% في اختبار التلامس، لكنه أظهر فعالية طرد ضعيفة في اختبار الطرد.

وقد ثبت أن الزيت العطري للأوكالبتوس فعال جداً حتى عند الجرعات المنخفضة، إذ بلغت قيمة الجرعة القاتلة النصفية (LD_{50}) 0,43 ميكرو لتر لاختبار التلامس و0,036 ميكرو لتر لاختبار الطرد. وتُعد هذه النتائج المشجعة أساساً لتطوير مبيدات حيوية طبيعية يمكن إدماجها في استراتيجيات مكافحة البيولوجية.

الكلمات المفتاحية :

الكالبتوس، المنّ الأسود، الزيت العطري، اختبار التلامس، اختبار الطرد، الجرعة القاتلة النصفية (LD_{50})

Liste des figures

Figure 01: Aire de répartition de <i>Vicia faba</i>	05
Figure 02 : Port de la feve (<i>Vicia faba</i>).....	07
Figure 03: Aspect foliaire de <i>Vicia faba</i>	08
Figure 04: Fleurs de <i>Vicia faba</i>	08
Figure 05: Les fruites(A) et les grains(B) de <i>Vicia faba</i>	09
Figure 06: Stades phrénologiques de la fève	10
Figure 07: les déffirents varitée de la fève (<i>Vicia faba</i>).....	12
Figure 08: Composition chimique de la fève	12
Figure 09: Maladie de taches chocolat (<i>Botrytis fabae</i>).....	15
Figure 10: Maladie de la Rouille (<i>Uromyze fabae</i>)	16
Figure 11: Maladie de mildiou	16
Figure 12: Maladie Alternaria	16
Figure 13: Thrips	17
Figure 14: Sitone du pois (<i>Sitona lineatus</i>).....	17
Figure 15: Puceron noir de la fève (<i>Aphis fabae</i>).....	17
Figure 16: Bruche de la fève	18
Figure 17: Forme aptère du puceron noir de la fève (<i>A. fabae</i>).....	21
Figure 18: forme ailée du puceron noir de la fève (<i>A. fabae</i>).....	21
Figure 19: Morphologie d'un puceron ailé	23
Figure 20: Les stades larvaires du puceron noir de la fève	24
Figure 21: Représentation schématique du cycle de vie de puceron noire (<i>Aphis fabae</i>)	25
Figure 22 :Les dégâts causés par <i>A.fabae</i> sur les fleurs(A) et les tiges(B)	26
Figure 23 :Les différents stades de coccinelle (<i>Coccinella septempunctata</i>).....	28
Figure 24: le syrphe	29
Figure 25: Le chrysopes	29
Figure 26: <i>Lysiphlebus fabarum</i>	30
Figure 27:Champignons entomopathogenes	30
Figure 28: Répartition d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> dans le monde	34
Figure 29: Arbre d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	35

Figure 30: Ecorce d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	35
Figure 31: Les feuilles d' <i>E camaldulensis</i>	36
Figure 32: Les fleurs et les fruites d' <i>E camaldulensis</i>	37
Figure 33: Localisation géographique de la station expérimentale	47
Figure 34: Plantation de la fève	48
Figure 35: Matériel végétal utilisé lors de l'expérience (feuilles d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>)	49
Figure 36: Colonies d' <i>Aphis fabae</i>	49
Figure 37: Produit insecticide chimique utilisé lors de l'expérimentation	50
Figure 38: Dispositif d'entraînement à la vapeur d'eau	51
Figure 39: Protocole suivi pour l'extraction de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	51
Figure 40: Dispositif expérimentale du test de toxicité par contact direct de l'huile essentielle de à l'égard d' <i>Aphis fabae</i>	53
Figure 41: Dispositif expérimentale du test de répulsivité de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> à l'égard d' <i>Aphis fabae</i>	55
Figure 42: Huile essentielle d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	59
Figure 43: Mortalité par contact chez l' <i>A. fabae</i> due à l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	60
Figure 44: Courbe linéaire des Probit à différentes doses de HE d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> sur <i>A. fabae</i> par contact direct.....	61
Figure 45: Taux de récursivité de HE d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> à l'égard d' <i>A.fabae</i>	62
Figure 46 : Courbe linéaire des Probit à différentes doses de HE d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> sur <i>A. fabae</i> par répulsion.....	63

Liste des tableaux

Tableau 1: Pays producteurs de fève vert	06
Tableau 2: Evolution de la superficie et production de la fève verte en Algérie.....	06
Tableau 3 : les principales maladies fongiques de la fève (<i>Vicia faba</i>)	15
Tableau 4: les principaux ravageurs de la fève (<i>Vicia faba</i>)	17
Tableau 5: Les ennemis naturels de puceron noir (<i>Aphis fabae</i>).....	28
Tableau 6: Distribution géographique d'Eucalyptus en Algérie	34
Tableau 7: L'importance et utilisation d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	38
Tableau 8: Utilisation d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> en Algérie et dans différentes régions du monde	40
Tableau 9: Pourcentage de répulsion moyen.....	56
Tableau 10 : Caractéristiques organoleptiques de l'huile d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	59
Tableau 11: Classement des taux de répulsion de l'huile essentielle	66

Liste des annexes

Annexe 01 : Produits insecticide chimique utilisé	83
Annexe 02 : Calcul de la DL100 par contact et répulsive de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> contre <i>Aphis fabae</i>	83
Annexe 03 : Le groupe des doses testés après l'analyse de test post-hoc de Tukey (ANOVA) de l'effet répulsif de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> contre <i>Aphis fabae</i>	83

Liste des abréviations

AC : Acétone

C° : Température (degré Celsius)

DL₅₀ : Dose létale 50

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

G : Gramme

HE : Huile Essentielle

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

INRF : Institut National de la Recherche Forestière

ml : Millilitre

mm : Millimètre

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

% : Pourcentage

PR : Pourcentage de Répulsion

SP : Poudre soluble

TM+ : Témoin positif

TM- : Témoin négatif

µl : Microlitre

Table des matières

Remerciement	
Dédicaces	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des annexes	
Liste des abréviations	
Tables des matières	
Introduction générale	1
Partie bibliographique	
Chapitre 01 : Plante hôte (<i>Vicia faba</i>)	
I.1. Historique de la fève.....	5
I.2. Origine et distribution géographique.....	5
I.3. Production de la fève.....	5
I.3.1. Dans le monde	6
I.3.2. En l'Algérie	6
I.4. Position systématique	7
I.5. Description la fève (<i>Vicia faba</i>)	7
I.5.1. Port de la fève.....	7
I.5.2. Feuilles	8
I.5.3. Fleurs.....	8
I.5.4. Fruits et graines	9
I.6. Cycle biologique.....	9
I.7. Différentes variétés de la fève (<i>Vicia faba</i>).....	10
I.7.1. Variété Séville	11
I.7.2. Variété Muchaniel.....	11
I.7.3. Variété L'Aguadulce.....	11
I.7.4. Sidi Moussa	11
I.7.5. La Féverole.....	11
I.8. Composition chimique de la fève (<i>Vicia faba</i>).....	13
I.9. Exigences de la culture de fève.....	13
I.9.1. Exigences pédologiques	13

I.9.1.1. Eau	13
I.9.2. Exigences climatiques.....	13
I.9.2.1. Température	13
I.9.2.2. Lumière	13
I.9.2.3. Humidité	13
I.9.3. Exigences agronomiques.....	13
I.9.3.1. Préparation du sol.....	13
I.6.3.2. Semis	13
I.10. Intérêts de la fève	14
I.10.1. Intérêt agronomiques.....	14
I.10.2. Intérêt économique.....	14
I.10.3. Intérêt alimentaire	14
I.10.4. Intérêt éco-toxicologique.....	15
I.11. Principales maladies et ravageurs de la fève	15
I.11.1. Les maladies.....	15
I.11.2. Les ravageurs de la fève	17
Chapitre II: Le puceron noir de la fève (<i>Aphis faba</i>)	
II.1. Généralités sur les pucerons noirs (<i>Aphis fabae</i>).....	20
II.2. Position systématique d' <i>Aphis fabae</i>	20
II.3. Description du puceron noir de la fève	20
II.3.1 Forme aptère	20
II.3.2 Forme Ailé	21
II.4. Les plantes hôtes.....	22
II.5. Caractère morphologique d' <i>Aphis fabae</i>	22
II.5.1 Tagme sensoriel (la tête).....	22
II.5.2 Tagme locomoteur (le thorax)	22
II.5.3 Tagme viscéral (l'abdomen)	22
II.6. Caractères biologiques des pucerons.....	23
II.7. Le cycle biologique d' <i>Aphis fabae</i>	24
II.8. Les dégâts causés par <i>A.fabae</i>	25
II.9. Les moyennes de lutte contre <i>Aphis fabae</i>	26
II.9.1 Lutte préventive (culturale).....	26
II.9.2 Lutte curative	26
II.9.2.1 Lutte chimique.....	26
II.9.2.2 Lutte biotechnique.....	27
II.9.2.3 La lutte physique	27
II.9.2.4 La lutte biologique.....	27
II.9.2.4.1 Les ennemis naturels	27

II.9.2.4.2 Les bio-insecticides	31
Chapitre III : Plante aromatique médicinale (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>)	
III.1. Origine et généralité du genre d' <i>Eucalyptus</i>	33
III.2. Répartition géographique d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.....	33
III.2.1. Dans le monde	33
III.2.2. En Algérie.....	34
III.3. Classification systématique d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	35
III.4. Description botanique.....	35
III.4.1. Arbre.....	35
III.4.2. Tronc et écorce	36
III.4.3. Feuilles.....	36
III.4.4. Fleurs et Fruits	37
III.5. Composition chimique	37
III.5.1. Les tanins	37
III.5.2. Les phénols	37
III.5.3. Les huiles essentielles	37
III.6. Importance et utilisation d' <i>Eucalyptus Camaldulensis</i>	38
III.7. Utilisations de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus</i>	39
III.7.1. Usages médicaux	39
III.7.2. Activité antimicrobienne de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	40
III.7.3. Activité anti oxydante et anti virale.....	41
III.8. Utilisation de l'HE d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> comme bio insecticides.....	41
III.9. Toxicité d'huile essentielle d' <i>E. camaldulensis</i>	42
Partie expérimentale	
Chapitre I : Matériel et Méthodes	
I.1 Objectif e l'étude.....	46
I.2. Présentation du lieu de travail.....	46
I.3. Présentation de la station expérimentale.....	46
I.4. Matériel	47
I.4.1 Matériel biologique	47
I.4.1.1 La plante hôte	47
I.4.1.2 Plante aromatique (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>).....	48
I.4.2.3 Matériel animal.....	49
I.4.2.4 Produit insecticide chimique.....	50
I.5. Méthodes.....	50
I.5.1 Extraction des huiles essentielles par entraînement à la vapeur d'eau.....	50

I.5.2 Le protocole d'extraction	51
I.5.3 Calcul de rendement.....	52
I.6. Activité insecticide de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> à l'égard d' <i>Aphis fabae</i>	52
I.6.1 Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> par contact.....	52
I.6.2 Test répulsif de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> contre <i>Aphis fabae</i>	54
I.6.3 Calcul de la mortalité corrigée	55
I.6.4 Évaluation du pourcentage de répulsion de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	56
I.6.5 Détermination de la DL ₅₀	57
I.6.6 Analyse statistique des données (ANOVA)	57
 Chapitre II : Résultats et discussion	
II.1. Le rendement de l'huile essentielle de la plante étudiée.....	59
II.2. Evaluation la toxicité de l'HE d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> sur la population d' <i>Aphis fabae</i>	60
II.2.1 Calcul du DL50 par contact	62
II.2.2 Analyse statistique des données (ANOVA)	63
II.3. Effet de l'huile essentielle d' <i>Eucalyptus camaldulensis</i> sur <i>A. fabae</i> par répulsion	64
II.3.1 Calcul du DL50 par répulsion	66
II.3.2 Analyse statistique des données (ANOVA)	67
 Conclusion général.....	 68
Les références bibliographiques.....	71
Annexe	83

Introduction générale

Les légumineuses occupent une place essentielle dans les systèmes agricoles et alimentaires mondiaux en raison de leurs fortes teneurs en fibres, minéraux et vitamines.

Son importance réside dans sa valeur nutritionnelle élevée, sa résistance aux conditions climatiques variées et son rôle dans la diversification des systèmes agricoles. En plus d'être une source essentielle de protéines, elles améliorent la structure du sol et réduisent la dépendance aux engrais azotés grâce à leur capacité à fixer l'azote atmosphérique, contribuant ainsi à une agriculture plus durable (Magrini et al., 2018 ; Stagnari et al., 2017). Elles participent de ce fait à la sécurité alimentaire mondiale en servant de base à l'alimentation dans de nombreuses régions, notamment en Asie, en Afrique du Nord et en Amérique latine (Duranti, 2019).

Parmi les légumineuses, la fève est la quatrième culture légumière pratiquée dans le monde après les petits pois, les pois chiches et les lentilles (Yahia et al, 2012).

En Algérie, La fève occupe une place prépondérante. Elle représente 44,3% de la superficie totale des légumineuses alimentaires, avec environ 58000 hectares cultivés (Boussad & Doumandji,2004). Malheureusement, elles se caractérisent très souvent par des rendements faibles et instables cela s'explique en particulier par leur sensibilité de contrainte biotique et abiotique (Geerts et al, 2011).

Parmi les insectes ravageurs, le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*) qui est l'un des espèces les plus polyphagies pouvant infester sa plante hôte la fève (*Vicia fabae*). Ses dégâts sont souvent aggravés par la production de fumagine due au miellat sécrété par les pucerons. En se nourrissant de la sève des plantes, il provoque un affaiblissement généralisé de la culture et peut transmettre des virus phytopathogènes responsables de maladies graves (Goggin et al., 2017). Sa prolifération rapide et sa dispersion facilitée entraînent des pertes de rendement considérables, rendant son contrôle indispensable (Foster et al.,2020).

La lutte contre les pucerons reste le souci majeur des agriculteurs, pour cela différentes méthodes ont été préconisées dont la lutte biologique qui semble être l'une des méthodes de lutte alternatives les plus intéressantes, en raison de ses avantages multiples sur le plan économique et écologique (Smith, 2005). Elle s'appuie sur une stratégie de défense écologique et durable (Sforza, 2008), qui vient corriger certaines lacunes que rencontrent les autres méthodes de lutte, toute en maintenant un équilibre naturel (Salvo, 2010).

Suite à l'augmentation de l'attention de la collectivité scientifique nationale et internationale sur les risques relatifs aux usages des pesticides chimiques, il y eut la nécessité de rechercher des méthodes alternatives moins toxiques pour lutter contre les organismes nuisibles, notamment l'utilisation des préparations à base de certaines plantes.

La valorisation des plantes aromatiques à effet insecticide prend de plus en plus de l'ampleur au niveau des programmes de recherches dans le monde entier et particulièrement en Algérie. Ces plantes sont exploitées sous plusieurs formes afin de limiter les pertes post récoltes soit entières, soit sous forme de poudres végétales, d'huiles essentielles ou d'extraits végétaux.

Parmi les méthodes de lutte biologique, l'utilisation des huiles essentielles serait également une alternative aux insecticides chimiques moins polluante pour l'environnement. A cet effet, les huiles essentielles d'*Eucalyptus camaldulensis* et comptent parmi les plus étudiées.

Ainsi, l'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* dans la lutte contre *Aphis fabae* sous conditions de laboratoire. Cette approche s'inscrit dans une démarche de protection des cultures, favorisant l'utilisation des extraits d'origines naturels pour une agriculture plus durable.

Ce travail est structuré en deux parties : la première représente une synthèse bibliographique sur la fève (*Vicia faba*), le puceron noir (*Aphis fabae*) et d'*Eucalyptus camaldulensis* la deuxième présente la partie expérimentale sur le matériel utilisé dans nos expérimentations ainsi que les méthodes adoptées, les résultats obtenus sont représentés et discutés et en fin, on achève notre étude par une conclusion générale.

Partie bibliographique

Chapitre 01 : Plante hôte (*Vicia faba*)

I.1. Historique de la fève

La fève (*Vicia faba* L. 1753), son nom provient de l'épithète latine, utilisée par les Romains pour désigner cette légumineuse (Couplan, 2012). C'est une espèce largement employée depuis les civilisations les plus reculées ; elle fut utilisée par les Egyptiens, les Grecs et les Romains. Les preuves Archéologique montrent que sa culture date de la fin du néolithique.

La première découverte de la plante a eu lieu dans les Alpes des Grisons et qui remonte à l'âge du bronze en 2200 avant JC. Les restes de cette culture ont été découverts à Jéricho « Palestine » (Cuberoj, 2011). Elle est considérée comme l'une des plus anciennes variétés de légumes cultivées (10 000 ans).

I.2. Origine et Distributions géographiques

Selon Guen et Due (1996), le centre de diversification de l'espèce *Vicia faba* L serait localisé au Proche et Moyen-Orient. Depuis ce centre d'origine, différentes migrations auraient eu lieu ; la plus importante, se serait faite autour du bassin méditerranéen. A partir de cette première migration, une extension vers l'Europe du Sud (Espagne, Italie) et de l'Ouest (France) se serait produite à la suite de conquêtes et d'échanges commerciaux. Une seconde migration vers l'Est, et en particulier vers l'Inde et l'Afghanistan, serait opérée en même temps qu'une migration vers le sud et plus spécialement vers l'Ethiopie (Guen et Due 1996) (Figure 01).

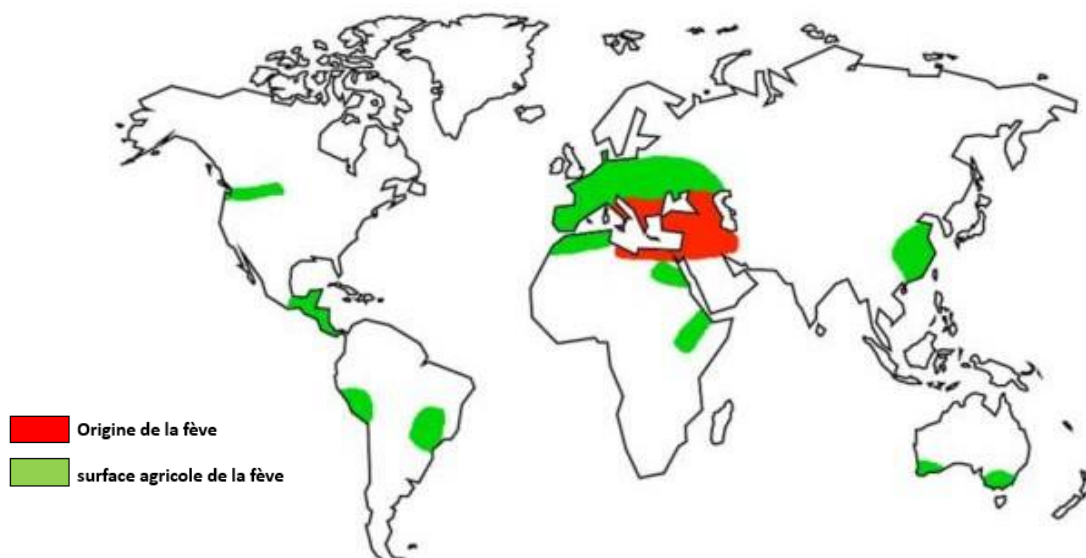


Figure 01: Aire de répartition de *Vicia faba* (Google.2021)

I.3. Production de la fève

I.3.1. Dans le monde

Parmi les légumineuses, la fève est parmi les plantes légumières les plus cultivées dans le monde. Sa superficie mondiale est estimée à trois millions d'hectares dont plus de 50% se situent en Chine, 20% en Afrique du Nord et moins de 10% en Europe (Abu amer et *al*, 2011). (Tableau 01).

Tableau 01 : Pays producteurs de fève vert (FAO,2023)

Pays	Superficie (ha)	Rendement (qx/ha)(2011)	Rendement (qx/ha)(2023)
Allemagne	370	63243	2340
Chine	13692	136713	187192
Egypte	20729	92112	190937.01
Ethiopie	1588	72469	11510.46
France	6470	50201	32480
Italie	7350	55116	40510
Romane	5086	52834	26871.06

I.3.2. En l'Algérie

La culture de la fève et la fêverole en Algérie n'ont pas encore bénéficiées de toute l'attention nécessaire devant assurer leur développement et continuent d'être marginalisées à tel point que des régressions importantes en superficies ont été enregistrées depuis 1987.

Tableau 02 : Evolution de la superficie et production de la fève verte en Algérie (FAO, 2021)

Année	2019	2020	2021
Superficie récoltée (HA)	33098	33125	32315
Rendement (QX/HA)	90182	86712	85829
Production (QX)	298482	287235	277353

I.4. Position systématique

D'après Dajoz (2000) et Mezni (2011), la fève est classée comme suit :

Règne : Plantes

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous-classe : Dialypétales

Ordre : Rosales

Famille : Fabacées (Légumineuses)

Sous-famille : Faboideae

Genre : *Vicia*

Espèce : *Vicia faba* L.

I.5. Description la fève (*Vicia faba*)

I.5.1. Port de la fève

La fève (*Vicia faba*) est une plante herbacée annuelle, robuste et dressée, pouvant atteindre une hauteur de 1 à 2 mètres. Sa tige est creuse, anguleuse et peu ramifiée. Elle possède un système racinaire profond, avec des nodosités symbiotiques contenant des bactéries *Rhizobium*, qui fixent l'azote atmosphérique (Duc, 2010) (Figure 02).



Figure 02 : Plante hôte *Vicia faba* (Original,2025)

I.5.2. Feuilles

Les feuilles sont alternes, composées et pennées, avec 2 à 6 folioles ovales ou elliptiques. Elles sont de couleur vert foncé et mesurent jusqu'à 10 cm de long. Les stipules, situées à la base des feuilles, sont souvent tachetées de noir (Maxted, 2001) (Figure 03).



Figure 03: Aspect foliaire de *Vicia faba* (Original, 2025).

I.5.3. Fleurs

Les fleurs sont zygomorphes, typiques des Fabacées, et mesurent environ 2 à 3 cm de long. Elles sont généralement blanches avec des taches noires ou violettes sur les pétales. Les inflorescences portent de 2 à 6 fleurs, qui sont polonisées par les insectes, notamment les abeilles (Cubero, 1975) (Figure 04).



Figure 04: Fleurs de *Vicia faba* (Original, 2025)

I.5.4. Fruits et graines

Les fruits sont des gousses charnues, cylindriques et légèrement courbées, mesurant entre 10 et 30 cm de long. Chaque gousse contient 4 à 8 graines, appelées fèves, qui sont plates, ovales et de taille variable (de 1 à 3 cm de long). Les graines peuvent être de différentes couleurs : vertes, brunes, noires ou violettes, selon les variétés (Duc, 2010)(Figure 05).

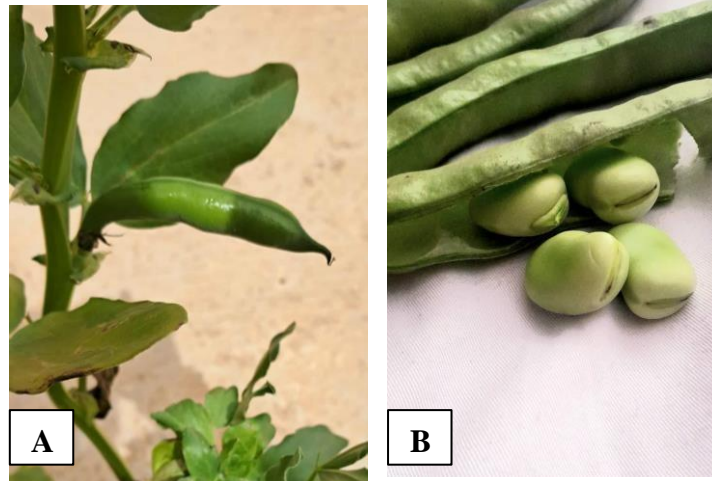


Figure 05: Les fruites(A) et les graines(B) de *Vicia faba* (Original, 2025)

I.6. Cycle biologique

La fève est une plante annuelle accomplissant son cycle en 24 à 28 semaines (Launonier, 1979). Son cycle complet de la graine à la graine est environ cinq mois (Chauxet Foury, 1994). Selon Planquaer et Girard (1987), *V. faba* a une période végétative courte qui passe par six stades avant d'atteindre le stade maturation :

1. **Stade de levée** : correspond à la sortie de la première paire de feuilles (décembre).
2. **Stade deux feuilles** : apparition de deux paires de folioles.
3. **Début de floraison** : ce stade correspond à l'apparition des bouquets floraux (février-mars).
4. **Stade de pleine floraison** : c'est le début de la formation des gousses (mars-avril).
5. **Maturité** : c'est le grossissement des gousses (mai).
6. **La récolte** : c'est la récolte des gousses sèches (début de juin).

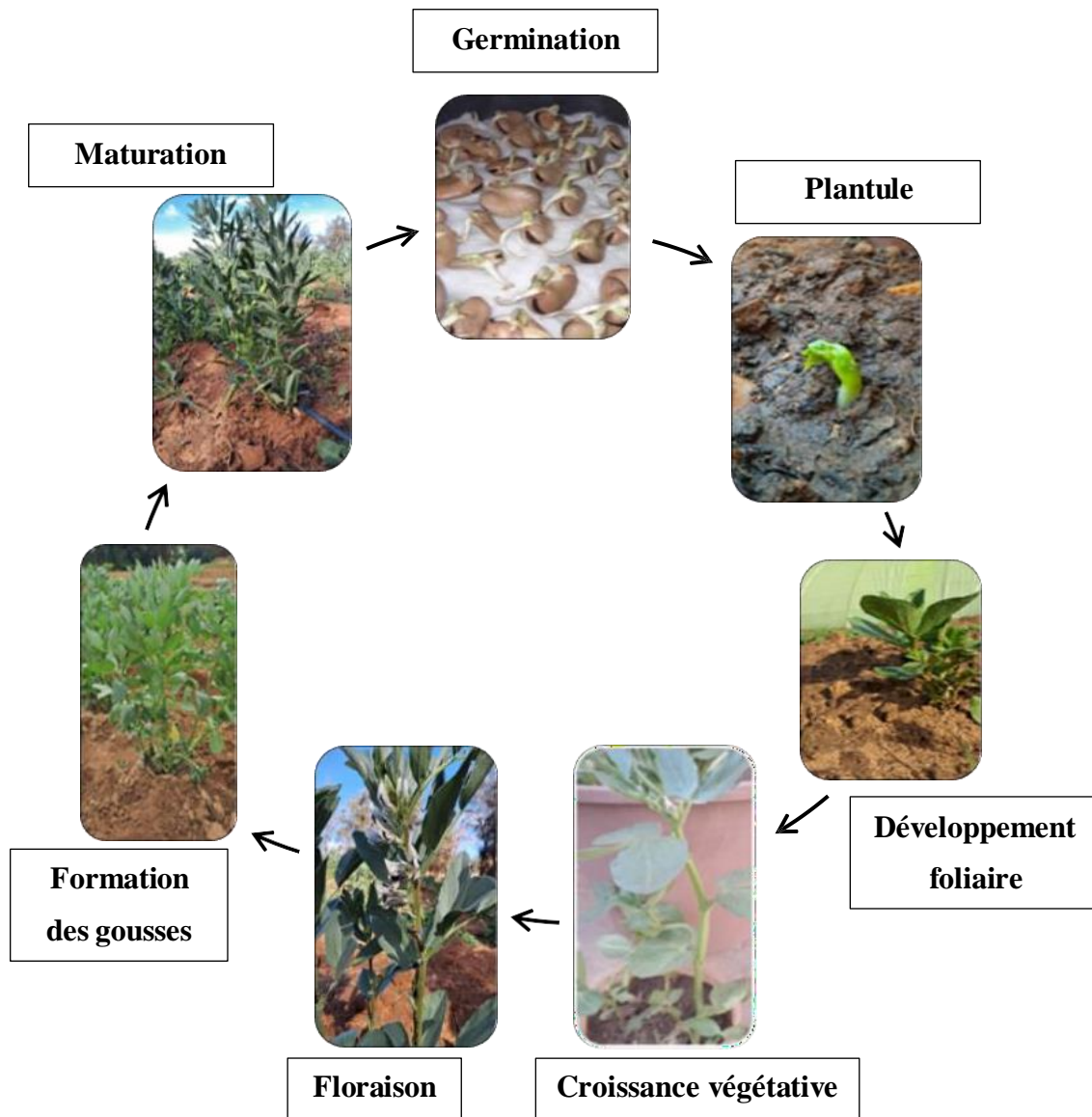


Figure 06: Stades phénologiques de la fève (Original, 2025).

I.7. Différentes variétés de fève (*Vicia faba*)

Il existe plusieurs sous espèces et variétés de *V.faba*, dont on reconnaît essentiellement trois groupes définis par la taille des graines, qui peuvent être petites (variété minor), moyennes (variété équina) ou grosse (variété major). Le terme major désigne les graines appelées communément « fève » dont la longueur est supérieure à 2 cm, alors que minor correspond au terme « féverole », ce sont des graines de 0,5 à 1,5 cm de long (Atik, 1999).

Cabrera et martein (1986) rappellent qu'au sein de la variété minor, il existe une grande diversité de coloration de fleurs, qui peuvent être totalement blanches, ou uniformément pigmentées. Il existe quatre variétés de fèves, et féverole en Algérie, qui sont :

I.7.1. Variété Séville

Selon Laumonier (1979), la Séville est une variété précoce hâtive et de bonne vigueur présentant une tige de 0.7m de haut. Elle se distingue par la couleur de son feuillage d'un vert assez franc. Ses gousses présentent une largeur d'environ 3cm et une longueur de 25cm, renfermant 5 à 6 grains volumineux.

I.7.2. Variété Muchaniel

D'après Chaux et Foury (1994), la Muchaniel est une variété relativement très précoce et productive, elle a des gousses de couleur vert clair de 20cm de longueur, renfermant 5 à 6 grains blancs.

I.7.3. Variété L'Aguadulce

C'est une variété demie précoce, très répandue en culture, caractérisée par une végétation haute de 1,10 à 1,20 m. Les gousses sont volumineuses de couleur vert franc, très longue pouvant atteindre 20 à 25cm renfermant 7 à 9 graines. C'est une variété très productive (Chaux et foury 1994).

I.7.4. Sidi Moussa

C'est une variété sélectionnée à EL-Harrach en 1965, convient dans tous les sols. Elle peut résister aux maladies cryptogamiques (*Botrytis*), aux insectes (*Aphis fabae*), aux plantes parasites (*Orobanche Sp*) et aux nématodes (Zaghouane, 1991).

I.7.5. La Féverole

Possède un système racinaire très repoussant et structurant, et de surcroît l'une des plus performantes, en matière de fixation de l'azote (Thomas, 2008). Les graines de féverole sont de forme ovale, plus ou, moins régulière et parfois rétrécie en leur milieu suivant les variétés, de couleur allant du brun au rouge foncé. Selon Lebreton et *al.* (2009), la féverole n'est pas sensible à l'Aphanomyces du pois, de plus les limaces sont très peu friandes de féverole, voir les repoussent et préfèrent les autres plantes, ce qui en fait une plante assez facile à installer Cette culture a été l'un des espèces les plus utilisées par l'homme dans les régions montagneuses de notre pays, particulièrement en Kabylie, pour l'alimentation humaine et animale (Anonyme, 2006). Elle possède un système racinaire très puissant et pivotant. Elle résiste à des températures de -5°C, elle n'est donc pas sensible aux faibles gelées printanières (Thomas, 2008) (Figure 07).

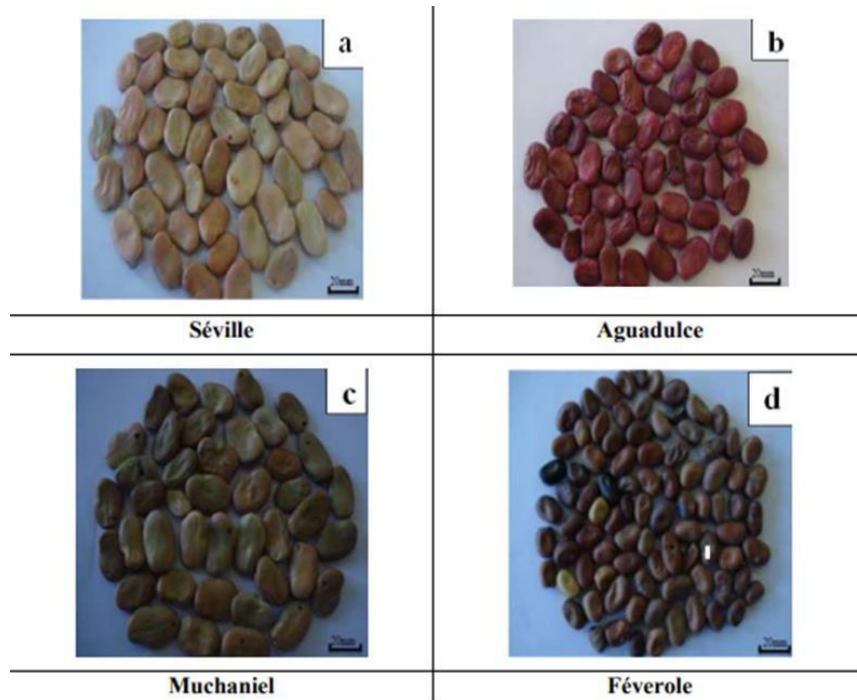


Figure 07: Différentes variétés de la fève (Mezani, 2011)

(a :Seville /b :Aguadulce /c :Muchaniel /d :feverole)

I.8. Composition chimique de la fève

La valeur nutritive de fève a été traditionnellement attribuée à un contenu à haute valeur protéique, qui varie de 25 à 35% malgré le déséquilibre en acides aminés de soufre. La plupart de ces protéines sont les globulines (60%), les albumines (20%), la glutiline (15%) et les prolalines. C'est aussi une bonne source de sucre, minéraux et vitamines. Ainsi, l'analyse chimique de cette légumineuse révèle un taux de 50% à 60% de teneur en hydrate de carbone (Larralde et martinez, 1991).

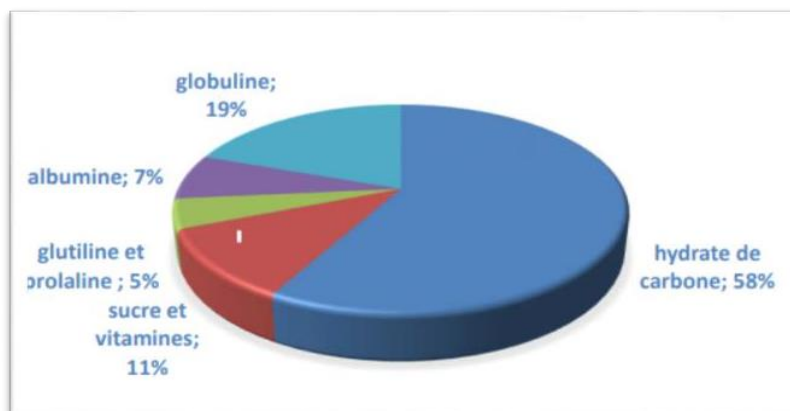


Figure 08: Composition chimique de la fève (Larralde et martinez, 1991).

I.9. Exigences de la culture de fève

I.9.1. Exigences pédologiques

I.9.1.1. Eau

L'espèce est très exigeante en humidité du sol surtout pendant les périodes initiales de son développement. Les phases de floraison et de développement des gousses présentent une sensibilité élevée *vis-à-vis* d'un stress hydrique, raison pour laquelle il faut intervenir par arrosage ou irrigation en cas de faibles précipitations (Chaux et Foury, 1994). La fève ne présente pas d'exigence spécifique au regard de la nature des sols (Chaux et Foury, 1994). Cependant, la préférence est donnée au sol sablo-argileux humifié, et un pH neutre à légèrement alcalin (7-8,3). La fève croit mieux sur des sols à texture plus lourde, mais craint les sols légers (Peron, 2006).

I.9.2. Exigences climatiques

I.9.2.1. Température

D'après Chaux et foury, (1994), la fève supporte les faibles gelées ne dépassant pas – 3 °C. Les températures supérieures à 23°C sont néfastes pour la fève, elles provoquent la chute prématurée des fleurs, stimulent le développement de maladies virale et fongique et rend la plante susceptible à l'attaque des insectes ravageurs, une température moyenne aux alentours de 13°C est optimale pour la croissance de la fève (Zerihun, 2006).

I.9.2.2. Lumière

La fève se comporte comme une plante de jour long qui se traduit par une exigence importante en luminosité (Laumonier, 1979).

I.9.2.3. Humidité

La fève est parmi les cultures les plus exigeantes en humidité, surtout dans les périodes initiales de son développement où elle nécessite une quantité importante d'humidité au niveau du sol (Ghalbi et Mouada, 2008).

I.9.3. Exigences agronomiques

I.9.3.1. Préparation du sol

Afin d'assurer à la plante une bonne autonomie *vis-à-vis* de ses besoins en eau, et en raison de son enracinement pivotant, un labour profond est conseillé (Chaux et foury, 1994).

I.9.3.2. Semis

Le semis dépend des régions et des variétés, il peut s'effectuer à partir du mois d'Octobre jusqu'à la fin du mois de Février et début du mois de Mars. En Algérie, le semis est réalisé au mois de Novembre afin d'éviter la sécheresse printanière (Laumonier, 1979).

I.10. Intérêts de la fève

L'utilité de la fève dans l'alimentation humaine et animale comme source de protéines ainsi que leur effet bénéfique sur la fertilité des sols sont largement reconnues ; l'utilisation de la fève est principalement orientée vers la consommation humaine en gousses fraîche à grande proportion et sous forme de graines secs ou au stade pâteux à faible proportion (Maatougui, 1997).

La féverole, en revanche, lorsqu'elle est disponible, est utilisée pour l'alimentation du bétail en graines concassées destinées aux bovins surtout pour l'engraissement. La fève peut être aussi utilisée en engrais vert dans les vergers (Maatougui, 1996).

I.10.1. Intérêts agronomiques

L'espèce *Vicia faba* comme toutes les légumineuses alimentaires, contribue à l'enrichissement du sol en éléments fertilisants, dont l'incidence est positive sur les performances des cultures qui les suivent, notamment le blé (Khaldi et *al.*, 2002).

Jensen et *al.* (2010) rapportent que la fève améliore la teneur du sol en azote avec un apport annuel de 200 kilogrammes de N/ha. Selon Al-ghamdi et Al-tahir (2001) et Hamadache (2003), elle améliore aussi la structure du sol par son système racinaire puissant et dense avec des nodosités. Les résidus des récoltes enrichissent le sol en matière organique.

I.10.2. Intérêt économique

Les fèves et féveroles sont produites pour la consommation humaine et pour l'alimentation animale. Elles sont parfois utilisées comme cultures de couverture ou engrais vert.

Le haricot large (*Vicia faba* L.) est l'une des plantes de légumes les plus cultivées dans les plus cultivées dans les pays méditerranéens. Elle reste la légumineuse vivrière la plus importante d'Algérie, couvrant une superficie de 58000 hectares et générant un rendement total de 254000 tonnes.

La fève occupe toujours la première place parmi les légumes secs (Benachour et *al.*, 2007). On la cultive sur les plaines côtières et les zones sublittorales (Zaghouane, 1991), avec une surface cultivée d'environ 37499 ha en 2014 (FAO, 2017) et de 27 777 tonnes pour une superficie totale de 30 055 ha, soit 7,24 de SAU dans l'année 2015 (DSA, 2017).

I.10.3. Intérêt alimentaire

Pour les populations à faible revenus, qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéines d'origine animale, la fève constitue un aliment très important (Daoui, 2007). Les graines de la fève sont incorporées dans la composition d'aliments du bétail lorsqu'elles sont

disponibles en grandes quantités, quant aux graines (*V. faba* : variété minor), elles sont utilisées pour l'engraissement des animaux (Maatougui, 1996).

I.10.4. Intérêt éco-toxicologique


La fève est très sensible à la pollution du sol, ce qui en fait un modèle végétal très utilisé en éco toxicologie dans un grand nombre d'études. La simplicité de son caryotype l'a faite élire pour un grand nombre d'études de mutagenèse par le test des aberrations chromosomiques (Sang, 2004). De plus, la grande quantité d'ADN contenue dans son noyau (Bennett, 1976), la rend très sensible aux molécules génotoxiques (Ferrara et al, 2004). Ainsi, elle est l'un des modèles les plus utilisés dans le test des micronoyaux, pratiqué sur les cellules-filles de ses méristèmes racinaires (Marcato-Romain et al, 2009).




Un autre test de génotoxicité, le test des comètes, est également pratiqué sur différents tissus de la plante (Cotelle, 1999). *Vicia faba* est en outre aussi employée pour étudier les réponses des marqueurs du stress oxydant et d'autres défenses antitoxiques de la plante comme les phytochélatines (Beraud, 2007).

I.11. Principales maladies et ravageurs de la fève

Les maladies fongiques qui peuvent attaquer la fève, peuvent être citées dans **tableau n° 03**.

Tableau 03 : Les principales maladies fongiques de la fève (*Vicia faba*).

Les maladies fongiques	Figures
<p>➤ Taches chocolat (<i>Botrytis fabae</i>)</p> <p>C'est un champignon nécrotrophe, il est la principale cause de la maladie des taches chocolat de la fève dans le champ, ou le champignon forme des lésions brun foncé (Cole et al, 1998).</p>	 <p>Figure 09: Maladie de taches chocolat (<i>Botrytis fabae</i>) (originale, 2025)</p>

<p>➤ La Rouille (<i>Uromyces fabae</i>)</p> <p>La rouille est une maladie grave, avec des attaques sévères au Moyen-Orient et Afrique Orientale, elle atteint jusqu'à 70% des cultures. Elle conduit à l'affaiblissement des plantes et à la diminution du nombre et du remplissage des gousses, à des dessèchements prématurés dans les cas les plus graves, qui peuvent être provoqués par un assez grand nombre de champignons.</p>	 <p>Figure 10: Maladie de la Rouille (<i>Uromyces fabae</i>) (originale, 2025)</p>
<p>➤ Mildiou</p> <p>Les agents responsables sont <i>Peronospora fabae</i> et <i>Peronospora viciae</i> suite aux attaques précoces sur les plantes jeunes, le mildiou entraîne le nanisme et la déformation de la tige et des feuilles. Les attaques tardives montrent la formation d'un feutrage gris à la face inférieure des folioles. (Stoddard et al., 2010).</p>	 <p>Figure 11: Maladie de mildiou (originale, 2025)</p>
<p>➤ Alternaria</p> <p>L'alternariose de la fève est une maladie fongique causée principalement par <i>Alternaria alternata</i>. Elle se manifeste par des taches brunes ou noires sur les feuilles, les tiges et parfois les gousses, pouvant entraîner une défoliation prématurée et une réduction significative du rendement. Cette maladie se développe surtout en conditions humides et chaudes, favorisant la sporulation et la dispersion du champignon (Biskri et al., 2016)</p>	 <p>Figure 12: Maladie alternaria (Originale, 2025).</p>

I.11.2. Les ravageurs de la fève

Les ravageurs qui attaquent le fève (*Vicia faba*) sont cités dans le tableau n° 04.

Tableau 04 : les principaux ravageurs de la fève (*Vicia faba*).

Les principaux ravageurs	Figures
<p>➤ Le thrips</p> <p>Il pique le végétal pour se nourrir, et injecte à la plante une salive toxique. Les plantes initient alors de nombreuses ramifications et sont chétives et naines. Les feuilles sont gaufrées avec des taches jaunes ou brunes. (Simonneau et <i>al.</i>, 2012).</p>	 <p>Figure 13: Thrips (Tomasz, 2019)</p>
<p>➤ Sitone du pois (<i>Sitona lineatus</i>)</p> <p>Sa larve est préjudiciable car elle consomme les racines et les nodosités de la féverole dans les cas extrêmes, les pertes de rendement peuvent atteindre 10 - 12 q/ha avec une diminution de la qualité (jusqu'à 30% de diminution du taux de protéines des grains) (Simonneau et <i>al.</i>, 2012).</p>	 <p>Figure 14: Sitone du pois (<i>Sitona lineatus</i>) (Bio en ligne, 2018)</p>
<p>➤ Puceron noir de la fève (<i>Aphis fabae</i>)</p> <p>Le puceron noir de la fève (<i>Aphis fabae</i>) est un insecte ravageur très courant des cultures de fève. Il se regroupe souvent en colonies sur les jeunes pousses, les feuilles tendres et les tiges, où il se nourrit de la sève des plantes. Cette succion affaiblit la plante, provoque un enroulement des feuilles, un ralentissement de la croissance, et peut également entraîner la transmission de virus phytopathogènes. De plus, le miellat excrété par les pucerons favorise le développement de la fumagine, une moisissure noire qui réduit la photosynthèse (Guenaoui et <i>al.</i>, 2018)</p>	 <p>Figure 15: Puceron noir de la fève (<i>Aphis fabae</i>) (Original, 2025)</p>

➤ **Bruche de la fève (*Bruchus rufimanus*)**

Ce coléoptère provoque une faible perte de rendement. Par contre, il altère de façon importante la qualité des graines en accomplissant une partie de son cycle à l'intérieur et en les trouant lors de la sortie des nouveaux adultes.



Figure 16: Bruche de la fève
(Koudekerke, 2010)

Chapitre II : Le puceron noir de la fève **(*Aphis faba*)**

II.1. Généralités sur les pucerons noirs (*Aphis fabae*)

Les pucerons ou aphides constituent un groupe d'insectes extrêmement répandu dans le monde (Hulle et *al.*, 1998). Ils sont apparus il y a environ 280 millions d'années (Tupeau-Aitighil et *al.*, 2011). Ces insectes sont rares dans les régions tropicales et subtropicales (Dedryver et *al.*, 2010).

Aphis fabae est l'une des espèces les plus polyphagies, elle peut évoluer sur plus de 200 espèces de plantes, parmi lesquelles la betterave, la fève, la féverole, le haricot, la pomme de terre, la carotte, l'artichaut, le tabac, ainsi que certaines cultures florales et ornementales (Fraval, 2006).

L'insecte a fait l'objet de recherches intenses pour plusieurs raisons : ils causent d'importantes pertes économiques, ils ont développé un cycle de vie complexe alternant reproduction asexuée et sexuée et enfin ils transmettent des centaines de virus aux plantes (Uzest et *al.*, 2010).

II.2. Position systématique d'*Aphis fabae*

Selon Scopoli (1763) le puceron noir de la fève « *Aphis fabae* » est classé comme suit :

Règne : Animalia

Classe : Insecta

Ordre: Homoptera

Sous ordre: Sternorhyncha

Super famille: Aphidoidea

Famille: Aphididae

Tribu: Aphidini

Genre: *Aphis*

Espèce: *Aphis fabae*

II.3. Description du puceron noir de la fève

II.3.1 Forme aptère

La forme aptère du puceron noir de la fève mesure environ deux millimètres (Hulle et *al.*, 1999). Elle est de couleur vert olive foncé à noir mat et recouverte d'une forte sécrétion cireuse blanche. Les cornicules sont coniques nettement plus longues que la cauda, ce dernier est digitiforme et trapu (Leclant, 1999) (Figure 17).



Figure 17: Forme aptère du puceron noir de la fève (*A. fabae*) (Original, 2025).

II.3.2 Forme Ailé

Sous sa forme ailé, *A. fabae* est plus allongée que l'aptere. Elle est de couleur sombre, avec des antennes courtes et qui représentent environ les deux tiers de la longueur du corps (Hulle et *al*, 1999). D'après Le clant (1999), le troisième article antennaire porte un grand nombre de sensorial secondaires disposés irrégulièrement. Parfois il existe quelques sensorial sur le quatrième article antennaire (Figure 18).



Figure 18 : forme ailée du puceron noir de la fève (*A. fabae*) (Original, 2025).

II.4. Les plantes hôtes

Le puceron noir de la fève est très polyphage. Il peut vivre sur plus de 200 plantes hôtes. Les plantes hôtes primaires sont principalement des arbustes : Fusain d'Europe (*Euonymus europaeus*), la boule de neige (*Viburnum opulus*) et seringat (*Philadelphus coronarius*), tandis que les plantes hôtes secondaires peuvent appartenir aux Fabacées, Chénopodiacées, Astéracées et Solanacées, ainsi que diverses cultures florales et ornementales (Hulle et *al.*, 1999).

II.5. Caractère morphologique d'*Aphis fabae*

Les pucerons sont des insectes de petite taille (de Deux à Cinq mm) de couleurs variées, qui présentent cependant certains caractères communs (Clément, 1981). Leur corps est partagé en trois parties : la tête, le thorax, et l'abdomen (Figure 19).

II.5.1 Tagme sensoriel (la tête)

Généralement, elle est bien séparée du thorax chez les formes ailées, mais non chez les aptères (Fraval, 2006). Elle a deux yeux composés volumineux et deux antennes formées de six articles généralement, quelque fois trois, quatre, ou cinq (Hulle et *al.*, 1998). Elle possède un appareil buccal, de type piqueur-suceur, comportant un canal salivaire, qui permet l'injection de salive à l'intérieur des tissus végétaux dans lesquels ils puisent leur nourriture, et un canal alimentaire, par lequel ils absorbent les aliments partiellement digérés (Clément, 1981).

II.5.2 Tagme locomoteur (le thorax)

Le thorax comprend trois segments : le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Il porte les trois paires de pattes. Chez l'ailé, le thorax porte également deux paires d'ailes membraneuses repliées en toit au repos. Chez certaines espèces, la nervation des ailes peut être caractéristique (Turpeau et *al.*, 2011).

II.5.3 Tagme viscéral (l'abdomen)

Il comporte dix segments difficiles à différencier. Le plus souvent, le Cinquième segment porte, dorso-latéralement, une paire de cornicules (siphons ou nectaires) de forme, de longueur et de pigmentation variables selon les espèces (Turpeau et *al.*, 2011). Le dernier segment constitue la cauda ; elle sert à l'épandage du miellat (Fraval, 2006). Leclant (2000) distingue au niveau ventral, une plaque anale souvent pigmentée et une plaque génitale.

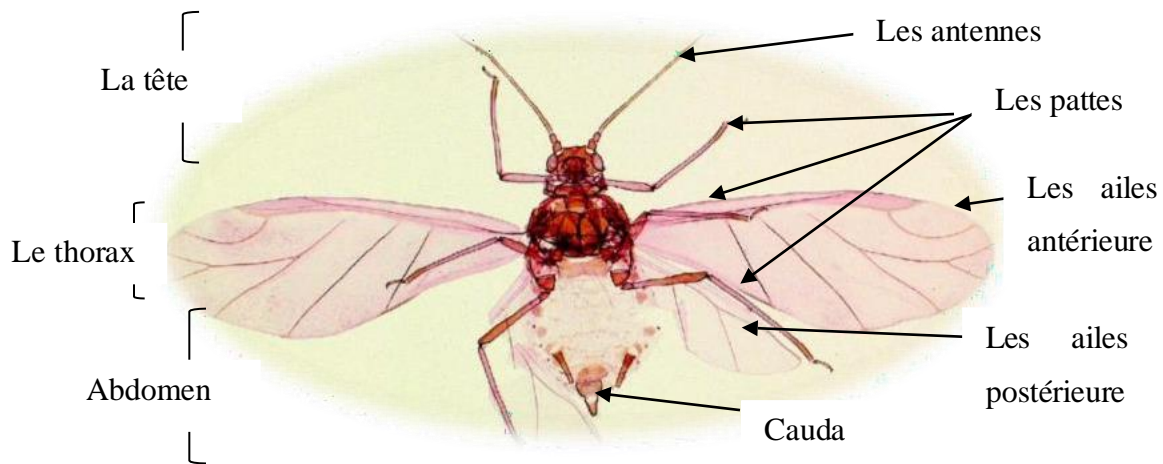


Figure 19: Morphologie d'un puceron ailé (Brenden, 2018)

II.6. Caractères biologiques des pucerons

Les pucerons sont des insectes à métamorphose incomplète (hétérométabole) ils comportent quatre stades larvaires qui ressemblent à des adultes, mais de plus petite taille. Ils ont le même mode de vie et provoquent les mêmes types de dégâts (Sullivan, 2005). Ils peuvent pondre des œufs, allongés, de couleur noire et mesurent moins d'1mm de long (Le trionnaire et *al.*, 2008). Ces œufs sont généralement déposés dans les fissures de l'écorce des arbres ou dans les bases des bourgeons à feuilles (Hales et *al.*, 1997). Les larves peuvent devenir adultes aptères ou ailés. Une larve se reconnaît par ses caractères juvéniles : tête large par rapport au corps, cauda plus court et arrondi (plutôt qu'allongé), antennes et cornicules peu développés, présence de fourreaux alaires dans le cas d'ailes (Godin et boivin, 2000). Les larves du 3ème et 4ème stade larvaire qui donneront des adultes ailés sont appelées nymphes (Dedryver, 2010). Le développement larvaire dure en moyenne 8 à 10 jours, mais chez certaines espèces de pucerons, il peut se dérouler en 5 jours, ce sont des insectes au temps de génération court (Goggin, 2007) (Figure 20).

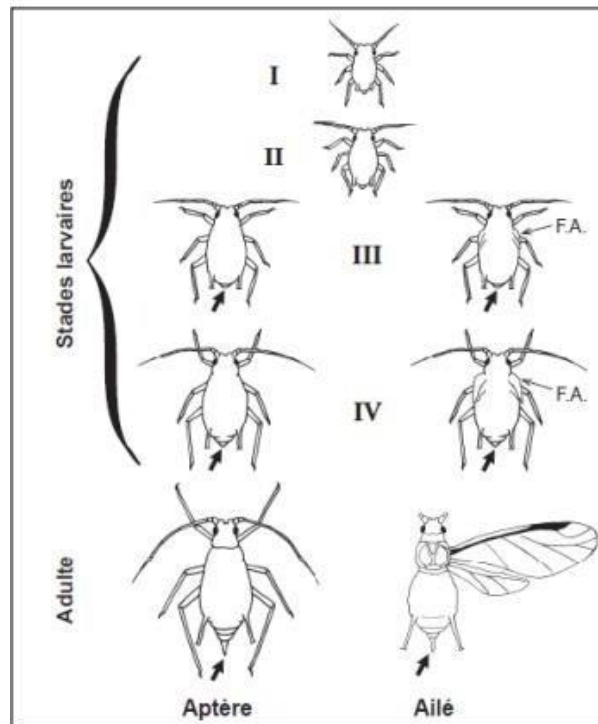


Figure 20 : Les stades larvaires du puceron noir de la fève (Godine et boivin, 2002).

II.7. Le cycle biologique d'*Aphis fabae*

Une des plus remarquables caractéristiques des pucerons est leur polymorphisme, lié à leur cycle de vie souvent très compliqué, où peuvent se succéder des formes aptères et ailées, des individus sexués (mâles et femelles) et parthénogénétiques (femelles) (Balachowsky et mesnil, 1934). Ces pucerons sont dotés d'une capacité de multiplication très élevée : 40 à 100 descendants par femelle, ce qui équivaut à 3 à 10 pucerons par jour pendant plusieurs semaines (Kos et *al.*, 2008).

Selon Hulle et *al.* (1999), le cycle du puceron noir de la fève se déroule comme suit. En automne et hiver les pucerons se développent sur des plantes hôtes primaires arbustes tels que le fusain d'Europe et le seringat et dès le mois de Mars, après l'éclosion des œufs d'hiver, plusieurs générations parthénogénétiques se développent sur l'hôte primaire, la proportion d'ailés augmente alors au sein des colonies. Puis à partir d'Avril Mai les pucerons se développent sur des plantes hôtes secondaires très diverses comme la fève, le haricot, la pomme de terre, la betterave sur lesquelles ils forment des colonies denses. Les ailés impliqués dans la reproduction sexuée apparaissent à l'automne et regagnent l'hôte primaire. La fécondation et la ponte interviennent au courant du mois d'Octobre (Hulle et *al.*, 1999) (Figure 21).

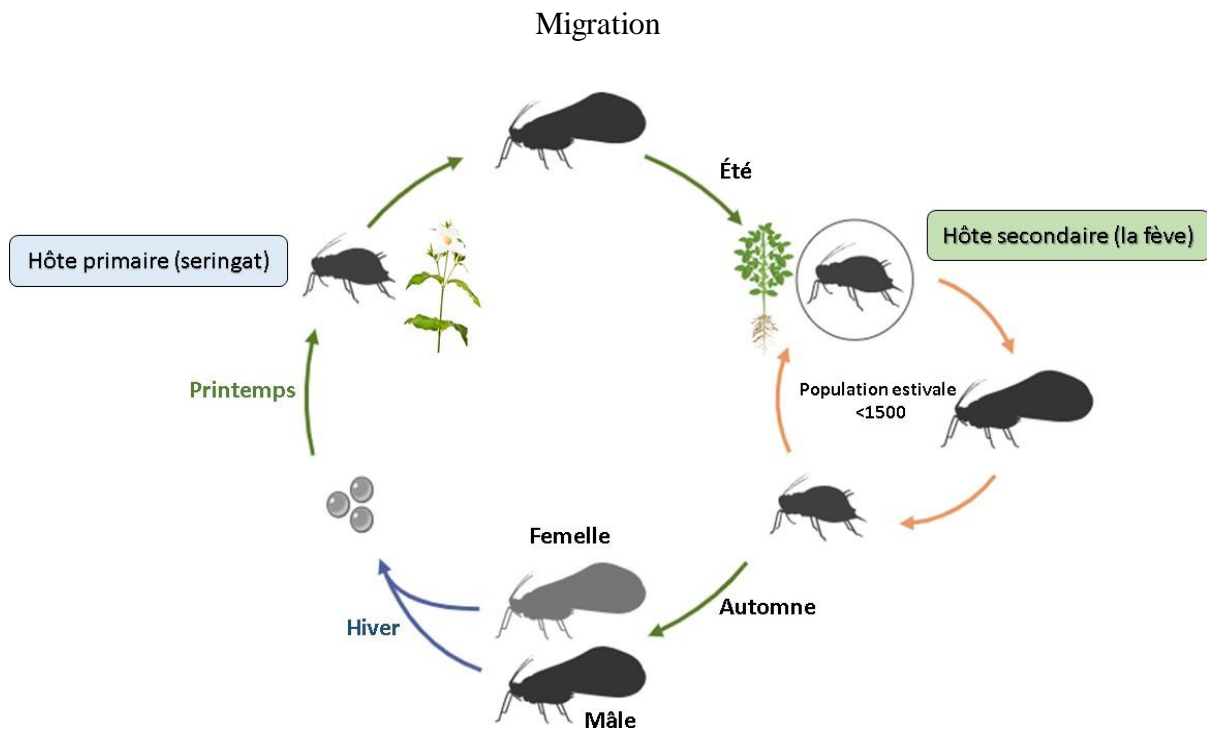


Figure 21: Représentation schématique du cycle de vie de puceron noire (*Aphis fabae*) (Original, 2025)

II.8. Les dégâts causés par *A.fabae*

L'insecte peut engendrer un arrêt de croissance de la plante, un enroulement et la chute prématurée des feuilles, une diminution du nombre de gousses et des graines ainsi qu'une réduction de la taille des graines (Akello, 2012).

De plus au cours de leur prise alimentaire, ils injectent une salive souvent toxique pour la plante et peuvent lui transmettre des virus à l'origine de graves maladies. Ils concourent donc à affaiblir les plantes de diverses manières du fait de leur fort pouvoir multiplicateur et de leur capacité de dispersion.

La présence de milliers d'individus sur une même plante peut causer des dégâts importants. La croissance de la plante s'en trouve altérée et les fleurs avortent sous l'effet de la salive. La production de miellat provoque aussi des brûlures sur le feuillage et favorise le développement de la fumagine (Figure 22).

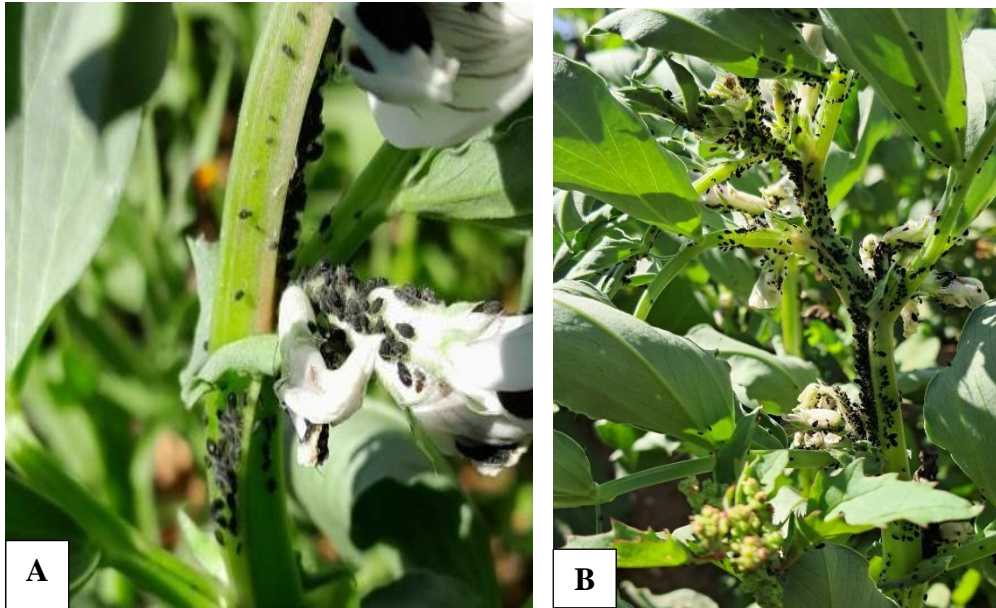


Figure 22: Les dégâts causés par *A.fabae* sur les fleurs(A) et les tiges(B)(Original, 2025)

II.9. Les moyennes de lutte contre *Aphis fabae*

La lutte contre puceron a été et reste le souci majeur des agriculteurs. Pour cela différentes méthodes de lutte ont été préconisées dont :

II.9.1 Lutte préventive (culturale)

Elle se base sur les différentes pratiques culturales et l'entretien de la culture car l'enfouissement pendant l'hiver des plantes ayant reçu des œufs d'hiver ainsi que la destruction par des hersages ou sarclages des plantes sauvages susceptibles d'héberger des espèces nuisibles aux plantes cultivées au début du printemps (Lambert, 2005).

II.9.2 Lutte curative

II.9.2.1 Lutte chimique

Les insecticides utilisés contre le puceron noir de la fève sont des organophosphoré, des carbamates, des pyréthrianoïde de synthèse et les chlorocotiniles qui agissent sur le système nerveux central des ravageurs par contact et ingestion. Systémique et translaminaire, ils sont dotés d'une action de choc et d'une bonne rémanence (Dedryver, 2010).

Cependant les insecticides présentent des inconvénients ; ils coutent chère, nuisent à l'écosystème et a l'environnement et tue les insectes auxiliaires. En plus les pucerons peuvent développer des résistances aux différentes molécules chimiques utilisées (Dogimont et *al.* 2010).

II.9.2.2 Lutte biotechnique

Ce moyen de lutte est basé sur le comportement de certains insectes qui sont attirés par différents attractifs visuels (couleur) ou olfactifs (aliments, phéromones). Ces couleurs et ces substances peuvent être utilisés pour le piégeage de masse, le piégeage d'avertissement ou des traitements par tâches (Ryckewaert et Fabre, 2001).

II.9.2.3 La lutte physique

Elle consiste à produire une augmentation de la température qui perturbe les pucerons mais ne nuit pas à la plante. Le choc thermique qu'on provoque par la fermeture des ouvrants de la serre, pendant quelques heures (3h) est très efficace. Dans ces conditions il peut y avoir une élévation de température jusqu'à 45° C qui peut entraîner la mort de près de 90% des populations des stades jeunes de pucerons sans porter préjudice à la culture (Rabasse, 1985).

II.9.2.4 La lutte biologique

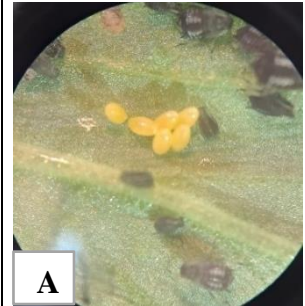
La lutte biologique peut se faire par l'utilisation des ennemis naturels (les prédateurs, les parasitoïdes et les champignons entomopathogènes) et des bio-insecticides.

II.9.2.4.1 Les ennemis naturels

Les ennemis naturels d'*A.fabae* peuvent être classés en trois catégories : les prédateurs, les parasitoïdes et les champignons entomopathogènes. Les premiers se nourrissent en chassant les pucerons et les deuxièmes pondent à l'intérieur des pucerons et les larves s'y développent (Kechar et Saïd, 2022). Les ennemis naturels d'*A.fabae* sont reportés dans le Tableau 05.

Tableau 05 : Les ennemis naturels de puceron noir (*Aphis faba*).

Les ennemis naturels	Figures
<p>Les prédateurs</p>	<p>➤ Les coccinelles</p> <p>Entomophages, constituent un groupe d'insectes, qui joue un rôle très important dans la régulation des populations des petits Homoptères suceurs de sève (pucerons, cochenilles, aleurodes et autres) (Benoufella, 2015). Chaque larve de ce coléoptère peut en effet dévorer jusqu'à 200 pucerons par jour, alors qu'une coccinelle femelle adulte peut en consommer jusqu'à 50 et pondre 20 à 60 œufs par jour qui donneront à leur tour de nouvelles larves (Anonyme, 2020).</p>



A



B







C

Figure 23 : Les différents stades de coccinelle

(*Coccinella septempunctata*)

(A- Les œufs de coccinelle) (B-Larve de coccinelle) (C-Coccinelle adulte) (Original, 2025)

	<p>➤ Les syrphes</p> <p>Notamment <i>Episyrphus balteatus</i> et <i>Sphaerophoria rueppellii</i>. Leurs larves aphidiphages consomment entre 200 et 600 pucerons au cours de leur développement, ce qui en fait d'excellents agents de lutte biologique (Pineda et <i>al.</i>, 2022).</p>	 <p>Figure 24: le syrphé (Originale, 2025)</p>
	<p>➤ Les chrysopes</p> <p>En particulier <i>Chrysoperla carnea</i>, sont des prédateurs naturels très efficaces du puceron noir (<i>Aphis fabae</i>), un ravageur courant de cultures comme la fève ou la betterave. Leurs larves, surnommées "lions des pucerons", sont voraces et peuvent consommer jusqu'à 500 pucerons au cours de leur développement. Leur action est rapide et ciblée.</p>	 <p>Figure 25:Le chrysopes (koppert.fr, 2025)</p>

<p>Les parasitoïdes</p>	<p>Les parasitoïdes de puceron appartiennent à deux ordres d'insecte : les diptères et les hyménoptères dont la majorité appartient à l'ordre d'Hyménoptère (Turpeau et <i>al.</i>, 2018). Les parasitoïdes, notamment <i>Aphidius ervi</i>, <i>Aphidius colemani</i> et <i>Lysiphlebus fabarum</i>, sont des ennemis naturels très efficaces contre le puceron noir (<i>Aphis fabae</i>), en particulier sur la fève (Kavallieratos et <i>al.</i>, 2004). Ces insectes pondent leurs œufs dans le corps du puceron, ce qui entraîne sa mort après la formation d'une momie. <i>Lysiphlebus fabarum</i> est très spécifique à <i>A. fabae</i>, ce qui le rend particulièrement intéressant en lutte biologique. Leur efficacité est renforcée en conditions favorables, comme une température modérée et l'absence de pesticides (Boivin et <i>al.</i>, 2012).</p>	 <p>Figure 26 : <i>Lysiphlebus fabarum</i> (Original,2025)</p>
<p>Les champignons entomopathogènes</p>	<p>Les champignons entomopathogènes, tels que <i>Beauveria bassiana</i> et <i>Metarhizium anisopliae</i>, sont des agents de lutte biologique efficaces contre divers insectes ravageurs. Ils agissent en infectant leurs hôtes par contact ou ingestion, provoquant une maladie mortelle via la pénétration cuticulaire et la production de toxines (Vega et <i>al.</i>, 2012). Ces champignons sont particulièrement valorisés en agriculture biologique pour leur sélectivité et leur faible impact sur les auxiliaires comme les abeilles (Lacey, 2017). Cependant, leur efficacité dépend fortement des conditions environnementales, notamment l'humidité et la température, et leur sensibilité aux UV nécessite souvent des formulations protectrices (de Faria & Wraight, 2007).</p>	 <p>Figure 27 : Champignons entomopathogènes (Original,2025)</p>

II.9.2.4.2 Les bio-insecticides

Les bio-insecticides d'origine végétale sont des substances naturelles extraites de plantes possédant des propriétés insecticides, et représentent une alternative écologique aux insecticides chimiques de synthèse (Isman, 2006). Ces composés, souvent issus des métabolites secondaires comme les alcaloïdes, les terpénoïdes, les flavonoïdes et les huiles essentielles, agissent de différentes manières sur les insectes (perturbation du système nerveux, inhibition de l'alimentation, répulsion ou action toxique directe) (Regnault-Roger et *al.*, 2012).

D'autres plantes comme l'eucalyptus, la tanaisie (*Tanacetumvulgare*) ou encore l'ail (*Alliumsativum*) possèdent des extraits aux effets insecticides, notamment contre les pucerons et les coléoptères (Pavela, 2016). Ces extraits végétaux sont biodégradables, sélectifs et moins nocifs pour l'environnement, les pollinisateurs et la santé humaine, ce qui les rend compatibles avec les stratégies de lutte intégrée (Isman, 2008).

**Chapitre III : Plante aromatique
médicinal (*Eucalyptus camaldulensis*)**

III.1. Origine et généralité du genre d'Eucalyptus

Originaire de Tasmanie en Australie, il est l'un des principaux genres forestiers plantés dans le monde, il compte environ 600 à 700 espèces et variétés ce genre possède une exceptionnelle capacité d'absorber l'eau du sol sur lequel il croît, il assèche rapidement les marais qu'il colonise et il élimine ainsi les milieux de reproduction des insectes qui transmettent la malaria, d'où le nom « D'arbre à la fièvre » ou « Australien Fever Tree » (Cerasoliet *al.*, 2016). L'espèce *Eucalyptus* a été identifiée et nommée en 1791 par le naturaliste Labillardière (Boukhalfoun, 2012). Dans les temps modernes, la culture de l'eucalyptus s'est largement étendue à l'échelle mondiale. Son succès dans divers pays s'explique par sa croissance rapide, sa capacité d'adaptation à différents types de sols et sa tolérance à la sécheresse (Shala et Gururani, 2021).

Étymologie

Le terme *Eucalyptus* a été utilisé pour la première fois en 1777 par un botaniste français, Charles-Louis L'Héritier de Brutelle. Le préfixe « Eu », d'origine grecque, signifie « bien », tandis que « Kalyptos » signifie « couverture ». Ainsi, le terme générique peut être interprété comme « bien couvert », car il fait référence au regroupement des pétales et des sépales dans la plante (Kommedahl, 1963).

Appellations locales

"Kalitouss" est l'appellation la plus renommée en Algérie, tandis que "Calibtus" et "Kafor" sont également largement répandues dans différentes régions du pays.

III.2. Répartition géographique d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh

III.2.1. Dans le monde

Eucalyptus camaldulensis ou *Eucalyptus* des camaldules est une espèce d'arbre du genre *Eucalyptus* que l'on trouve dans de nombreuses parties du monde. En Australie, il est largement répandu au bord des rivières à l'intérieur du pays. Il est aussi surnommé le gommier rouge en référence à son bois d'un rouge brillant, qui peut aller d'un rose pâle à un rouge très foncé. (Kebir, 2018).

Selon les données de FAO 2010, les principales régions productrices d'eucalyptus en termes de superficie cultivée sont le Portugal, l'Espagne, la France, l'Italie, la Grèce et la Turquie en Europe, l'Afrique du Sud, l'Australie, le Chili, l'Argentine (Figure 28). *Eucalyptus camaldulensis* est l'une des espèces les plus cultivées dans le monde et dans le bassin méditerranéen.

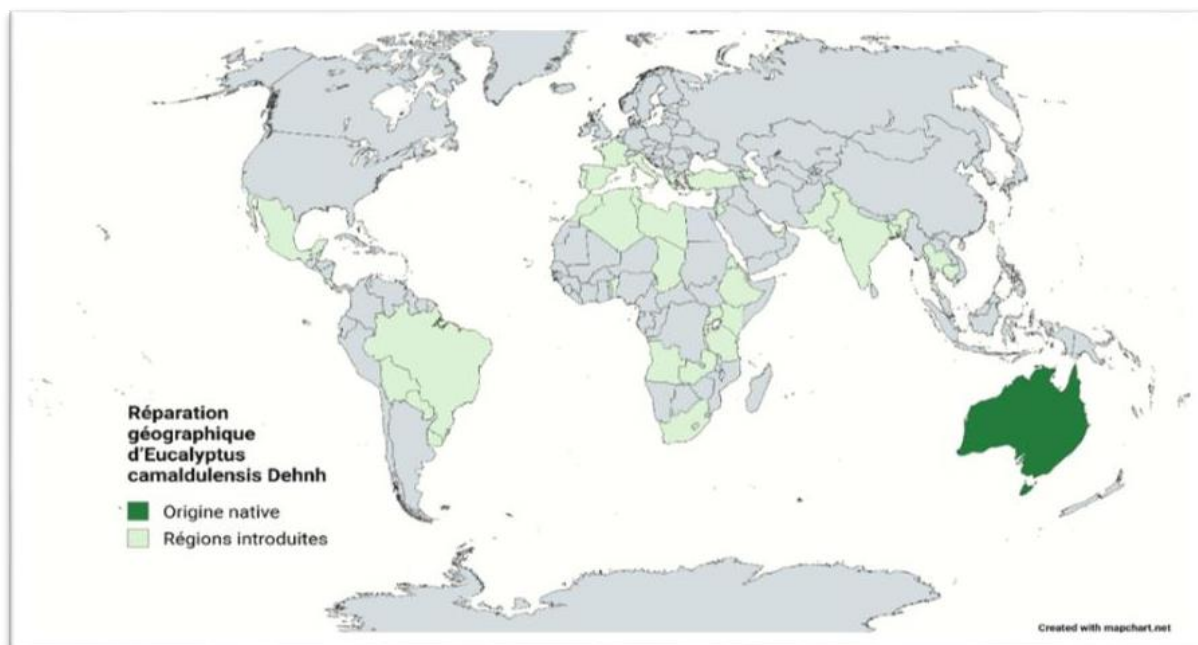


Figure 28 : Répartition d'*Eucalyptus camaldulensis* dans le monde (Original, 2025).

III.2.2. En Algérie

La distribution géographique de *E camaldulensis* en Algérie présente une signification notable. Cette espèce est présente dans diverses régions du pays. Selon les données recueillies, le rendement de *E camaldulensis* varie de 0,2 % à 6,27 % dans différentes régions algériennes. Par exemple, le rendement le plus élevé a été enregistré à Tizi Ouzou avec 6,27 %, tandis que le rendement le plus faible a été observé à Blida avec 0,2 % (Amira & Sandli Rihab, 2020). D'autres régions telles que Constantine, Mostaganem, Tiaret, Biskra, Oum El Bouaghi, Jijel, Guelma, Tébessa, Ouargla et Alger présentent également des rendements spécifiques pour *E camaldulensis*. Cette distribution géographique souligne la diversité de la présence de cette espèce en Algérie, avec des variations de rendement selon les régions (Amira & Sandli Rihab, 2020). La répartition géographique d'eucalyptus est reportée dans le **Tableau 06**.

Tableau 06 : Distribution géographique d'Eucalyptus en Algérie (Taboukoyout, 2012).

Wilaya	Blida	Boumerdes	Skikda	S.Belabas	El tarf	Setif
Superficie	41Ares	70 Ares	2250 HA	342 HA	1000 HA	10Ares

III.3. Classification systématique d'*Eucalyptus camaldulensis*

D'après la classification scientifique APG (Angios permes Phylogénie Group). La classification de *Eucalyptus camaldulensis* est la suivante :

Règne: Plantae

Embranchement: Spermaphyte

Sous-embranchement: Angiosperme

Classe: Dicotylédones

Ordre : Myrtales

Famille: Myrtacée

Genre: Eucalyptus

Espèce: *Eucalyptus camaldulensis*

III.4. Description botanique

III.4.1. Arbre

L'Eucalyptus camaldulensis est un arbre forestier à houppier très développé de forme conique. Jusqu'à 15 à 20 ans, elle est érigée plus tard. C'est un arbre de hauteur qui varie de 25 à 35 mètres et un diamètre qui varie de 0,9 à 2,50 mètres (Meziane, 1996) (Figure 29).



Figure 29: Arbre de *L'Eucalyptus camaldulensis* (Original,2025).

III.4.2. Tronc et écorce

Le tronc de l'*E camaldulensis* est généralement droit et élancé, avec un diamètre variant entre un et deux mètres. Il peut parfois présenter des torsions et exsude fréquemment une gomme résineuse rouge à sa base, tandis que la partie supérieure du tronc exsude une substance blanc grisâtre (Boland et *al.*, 2006) (Figure 30).



Figure 30 : Ecorce d'*Eucalyptus camaldulensis* (Original,2025).

III.4.3. Feuilles

Les jeunes feuilles sont opposées sur trois ou quatre, avec d'autres alternées. Elles ont un pétiole, sont lancéolées et mesurent de 2 à 4 cm. Légèrement glauques, les feuilles adultes sont pétiolées et alternées, la couleur verte est identique pour les deux faces. Elles sont Lancéolées, étroites et falciformes), et sont longues de 8 à 30 cm, et larges de 0,7 à 4,2 cm de couleur verte ou gris-vert (Arnold et Luo, 2018) (Figure 31).



Figure 31 : Les feuilles d'*E camaldulensis* (Original,2025)

III.4.4. Fleurs et Fruits

Les inflorescences d'*E. camaldulensis*, organisées en ombelles, se caractérisent par une abondance d'étamines blanchâtres, leur conférant une apparence globuleuse. À maturité, des capsules ligneuses et hémisphériques se développent, contenant un grand nombre de graines. Les fruits, sous forme de petites capsules portées par des pédoncules délicats, mesurent entre 5 et 8 mm. Chaque capsule se compose de quatre valves et renferme des graines de très petite taille (Aleksic & Knezevic, 2019) (Figure 32).



Figure 32 : Les fleurs et les fruites d'*E. camaldulensis* (Original, 2025)

III.5. Composition chimique

III.5.1. Les tanins

Ce sont des composés de nature phénolique; ils sont présents dans les écorces et le bois d'*Eucalyptus camaldulensis*. Les travaux de Nisi in Thiombiano, 1984, montrent que les tanins constitués de monomères paraoantho-cyanidines sont responsables de la couleur rouge du bois d'*Eucalyptus camaldulensis*.

III.5.2. Les phénols

Environ une dizaine de phénols ont été isolés et identifiés, Parmi ces phénols se trouvent les acides caféiques, chlorogéniques, paracoumariques, feruliques et galliques. Des poly phénols ont aussi été isolés des feuilles d'*E. camaldulensis* (Thiombiano, 1984).

III.5.3. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles de l'espèce *E. camaldulensis* sont caractérisées par la présence d'une trentaine de produits avec, comme constituant majoritaire, le 1,8-cinéole sa teneur varie de 17,6% - 42,3 % D'autres composés minoritaires sont présents tel que : p-cymène, α -pinène, γ -terpinène et spathulenol (Salemkour et Rahaoui, 2019).

III.6. Importance et utilisation d'*Eucalyptus Camaldulensis*

L'importance et utilisation d'*Eucalyptus camaldulensis* est reportée dans le Tableau 07

Tableau 07 : Importance et utilisation d'*Eucalyptus camaldulensis*.

Importances	Types d'importances
Espèce très adaptable qui peut croître dans une large gamme de conditions climatiques et édaphiques, ce qui en fait une essence résiliente face aux changements environnementaux.	Importance écologique
Joue un rôle crucial dans les écosystèmes où il est présent, en offrant un habitat et une source de nourriture pour la faune locale.	Importance écologique
<i>L'E camaldulensis</i> est largement utilisé dans divers domaines industriels en raison de ses propriétés uniques. Son bois est utilisé dans la construction, la fabrication de meubles et comme bois de chauffage. En outre, le bois de cet arbre est réputé pour sa haute qualité et sa résistance aux insectes et aux champignons, le rendant ainsi particulièrement prisé pour les constructions et les meubles (Verhaegen et <i>al.</i> , 2014).	Importance économique
La pulpe de l' <i>E.camaldulensis</i> . est largement utilisée dans la production de papier en raison de la qualité de ses fibres (Verhaegen et <i>al.</i> , 2014).	Industrie papetière

<p><i>L'E camaldulensis</i> est utilisé pour la production de charbon de bois, qui est une source d'énergie renouvelable et durable. La production de charbon de bois est une industrie importante en Afrique de l'Ouest, où <i>L'E camaldulensis</i> est largement planté pour répondre aux besoins en énergie (Verhaegen et al., 2014).</p>	Bois énergie
<p><i>L'E camaldulensis</i> est utilisé pour la reforestation en Afrique de l'Ouest, notamment dans les régions de l'Ouest africain, où il est largement planté pour répondre aux besoins en bois énergie et en papier (Sawadogo, 1981).</p>	Reboisement
<p><i>L'E camaldulensis</i> est consommé localement pour la production de bois de feu, de meubles et de constructions, ce qui contribue à l'économie locale.</p>	Consommation locale
<p>Des études ont montré que les produits à partir de <i>L'E camaldulensis</i> peuvent être efficaces contre divers ravageurs, tels que <i>Sitophilus zeamais</i> et <i>Tribolium castaneum</i>, qui sont des insectes nuisibles pour les cultures et les denrées stockées. Ces études ont également montré que ces produits peuvent être utilisés de manière efficace pour contrôler les populations de ravageurs sans causer de dommages environnementaux significatifs (Welle et al., 2022).</p>	Fabrication des produits anti-ravageurs de cultures

III.7. Utilisations de l'huile essentielle d'Eucalyptus

III.7.1. Usages médicaux

Les feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis*, sont parfumées, riches en huile essentielle, antibactériennes, antifongiques, expectorantes, fébrifuges et légèrement sédatives. Les feuilles sont recommandées en cas de rhumes, de sinusites, de maux de gorge, d'angines, de toux, de bronchites, d'infections urinaires ou de fièvres (Kebir, 2018).

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) reconnaît l'utilisation traditionnelle des feuilles d'eucalyptus comme analgésiques à usage interne et externe antihistaminiques et antipaludéens, ils sont également utilisés dans la prévention et le traitement du cancer, des maladies cardiovasculaires et pour le soulagement de l'asthme (Iserin, 2007).

Tableau 08 : Utilisation d'*Eucalyptus camaldulensis* en Algérie et dans différentes régions du monde.

Pays	Utilisations	Références
Australie	-Symptômes gastro-intestinaux (diarrhée, dysenterie). -Les maladies respiratoires (rhume, asthme). -Arrêter les saignements. -Douleurs musculaires, douleurs articulaires.	Duke et Wain, 1981
Afrique (Soudan, Zimbabwe, Nigéria)	-Les maux de gorge, diarrhée. -La grippe, la fièvre. -Prévenir la carie dentaire. -Bâtonnets de nettoyage des dents.	Doran et Wongkaev, 2008
Algérie (El Kala, Annaba, Skikda, Mostaganem)	-Produits en ligneux et en papier.	INRF, 1996

III.7.2. Activité antimicrobienne de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis*

De nombreuses études ont montré que les huiles extraites des espèces d'eucalyptus ont une activité contre certaines bactéries Gram- et Gram+, mais à des degrés divers.

Elaissi et *al.*, (2011) ont évalué l'activité antibactérienne de vingt espèces d'Eucalyptus récoltées dans les régions Zerniza et Souin et arboreta (Nord-Ouest et Nord de la Tunisie), par la méthode de diffusion sur papier-gélose, contre deux bactéries Gram- : *Escherichia coli* (ATCC 25922) ; *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853) et deux bactéries Gram+ : *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) ; *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212). Ils ont trouvé que l'activité antimicrobienne des huiles essentielles présente des variations considérables entre les différentes espèces d'eucalyptus. Cette variabilité a été attribuée à la composition chimique des huiles de feuilles.

Chaves et *al.*, (2018) ont examiné l'effet antibactérien de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehn (EOEc) sur les deux souches bactériennes *Staphylococcus aureus* et *E. coli*. L'huile a présenté une activité significative contre *Staphylococcus aureus* (CMI = 1000 µg/ml), alors qu'elle était inactive contre *Escherichia coli* (CMI > 1000 µg/ml). En général, les bactéries Gram positives se sont révélées plus sensibles aux huiles essentielles d'*Eucalyptus* que les bactéries Gram négatives (Gilles et *al.*, 2010).

Muthee Gakuubi et *al.* (2017) ont montré que l'huile essentielle d'*E. camaldulensis* inhibe la croissance de *Fusarium oxysporum* et *Fusarium solani*, des champignons phytopathogènes responsables de diverses maladies des plantes.

De même, l'huile essentielle d'*E. camaldulensis* a montré une forte activité antifongique contre *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium digitatum* et *Penicillium expansum*, des champignons responsables de la détérioration des fruits et grains stockés (Ben Jemâa et *al.*, 2012).

III.7.3. Activité anti oxydante et anti virale

Les activités anti oxydantes sont toutes les substances qui peuvent retarder ou empêcher l'oxydation des substrats biologiques, la capacité anti oxydante des huiles essentielles d'*Eucalyptus* est étroitement liée à toute teneur en phénol (Annosh et Fatemeh, 2010).

Bhuyan et *al.*, 2017 ont évalué les propriétés antioxydantes de l'extrait aqueux brut de feuilles d'*Eucalyptus microcorys* par trois tests: Le test DPPH (1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl), le test ABTS (acide 2,2'-azino-bis-3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) et le test CUPRAC (capacité antioxydante réductrice cuivrique). Les résultats de cette étude ont montré que l'extrait a présenté une activité antioxydante significative dans les trois tests.

L'huile essentielle d'*Eucalyptus* possède une activité anti virale notamment sur l'Herpès Simplex virus (HSV). Les études d'Atmani-Merabet (2020) et Tiss, (2021) ont montré des résultats acceptables sur l'activité anti-oxydante, acaricides et anti virale.

III.8. Utilisation de l'HE d'*Eucalyptus camaldulensis* comme bio insecticides

L'utilisation de l'eucalyptus en tant que bio-insecticide représente une alternative écologique pour la gestion des ravageurs (Russo et *al.*, 2018). Les eucalyptus, reconnus pour leur feuillage aromatique et leurs propriétés médicinales, possèdent également les défenses naturelles contre les insectes nuisibles. Les huiles essentielles extraites des feuilles d'eucalyptus contiennent des composés bioactifs tels que le 1,8-cinéole et l' α -pinène, qui présentent des propriétés insecticides et répulsives (Salehi et *al.*, 2019). Lorsqu'elle est appliquée comme bio-

insecticide, l'huile d'eucalyptus peut efficacement lutter contre les populations tout en minimisant les dommages aux insectes bénéfiques et à l'environnement.

Boudjelida et *al.*, (2020) ont mis en évidence une toxicité significative de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* contre les larves du moustique *Culex pipiens*, un vecteur de maladies, avec un taux de mortalité élevé à des concentrations de 50 à 200 ppm. Cette étude suggère que l'huile essentielle pourrait être utilisée comme alternative aux insecticides synthétiques.

Benkadja et Loucif-Ayad (2019) ont également approuvé l'effet répulsif et toxique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis vis-à-vis* de *Sitophilus granarius*, un ravageur des céréales stockées. L'exposition à ses vapeurs a entraîné une réduction significative de la survie des insectes après 24 heures, confirmant ainsi son potentiel en tant qu'insecticide naturel pour la protection des denrées alimentaires.

Douze constituants purs obtenus à partir des huiles essentielles de feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis* et *Eucalypt usurophylla*. Ces composés ont également été testés individuellement contre les larves d'*Aedes aegypti* et d'*Aedes albopictus*. Parmi les six constituants efficaces, l' α -terpinène a présenté un effet larvicide significatif contre les larves des deux insectes étudiés. En conséquence, Cheng et al, 2009 ont conclu que l'huile essentielle de feuille d'*Eucalyptus camaldulensis* et ses constituants efficaces pourraient être considérée comme une source puissante pour la production de fins larvicides naturels.

III.9. Toxicité d'huile essentielle d'*E. camaldulensis*

L'eucalyptus est toxique pour les humains et les animaux de manière générale. Il contient des glycosides cryogéniques pouvant libérer de l'acide cyanhydrique, qui agit en bloquant la respiration cellulaire, seul le koala a développé une résistance à cette toxicité (Koziol, 2015).

Plusieurs cas d'intoxication aux huiles d'Eucalyptus ont été observés spécialement l'huile d'*Eucalyptus globules* et d'*Eucalyptus radiata* notamment chez les enfants avec des symptômes comme : nausées, vomissements, diarrhées, ataxies...etc.

L'huile essentielle d'Eucalyptus est contre-indiquée chez la femme enceinte car elle cause des brûlures d'estomac, des nausées, une tachycardie ainsi qu'une hypertension artérielle.

Par voie orale l'huile d'Eucalyptus provoque une irritation des reins à cause des mono terpènes α et β pinène et limonène présents dans les feuilles. L'huile d'Eucalyptus riche en 1,8-

cinéole augmente les sécrétions gastriques et stimule les glandes digestives ce qui entraîne l'apparition d'ulcères d'estomac (Koziol, 2015).

La toxicité de l'huile essentielle d'eucalyptus dépend de la méthode et de la dose d'exposition, alors que l'huile essentielle d'eucalyptus est largement utilisée en aromathérapie et médecine traditionnelle pour ses propriétés thérapeutiques, il peut être toxique s'il est ingéré en grande quantité (Hayat et *al.*, 2015). Dans les cas graves, elle peut provoquer une dépression du système nerveux central et des troubles respiratoires. L'application de l'huile d'Eucalyptus diluée est généralement sans danger pour les adultes, mais elle peut causer une irritation de la peau pour certaines personnes. Comme pour toute huile essentielle, il est important de faire preuve de prudence et de recommandations pour une utilisation sécuritaire (Kesharwani et *al.*, 2018).

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et Méthodes

L1 Objectif de l'étude

Le présent travail se propose d'évaluer *in vitro* dans des conditions contrôlés, l'efficacité insecticide de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* vis-à-vis du puceron noir de la fève (*Aphis fabae*).

Ce travail a pour but de :

- ✓ Procéder à une extraction de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* par entraînement à la vapeur d'eau.
- ✓ Calculer le rendement de l'extraction de l'huile essentielle.
- ✓ Évaluer l'activité bioinsecticide de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* par contact et par répulsion sur *Aphis fabae*

L2. Présentation du lieu de travail

L'étude expérimentale a été réalisé au sein du laboratoire de biochimie et le laboratoire de protection des végétaux à l'Université Abdelhamid Ibn Badis(Mostaganem).

L3. Présentation de la station expérimentale

Les échantillons de la plante hôte (*Vicia faba*) ont été collectées dans une parcelle agricole située au niveau de la ferme pilote à Mazagran (Mostaganem). Cette ferme, d'une superficie de 62,74 hectares, constitue une structure agricole expérimentale destinée à la recherche scientifique (Figure 33). Elle est bordée au Nord par la daïra de Mostaganem, au Sud par la daïra de Hassi Mameche, à l'Ouest par la commune d Mazagran et à l'Est par Douar El Djdid.

Sur le plan climatique, la région est soumise à un climat semi-aride. L'humidité relative y varie entre 60 et 70 % durant la saison estivale. Les températures moyennes sont comprises entre 25 et 30 °C en été, et entre 6 et 13 °C en hiver (BOUTAIBA, 2015).

Les principales missions de la ferme sont les suivantes :

- ✓ Expérimenter de nouvelles techniques agricoles, de nouvelles variétés résistantes, ainsi que des méthodes d'irrigation.
- ✓ Encadrer les étudiants, ingénieurs agronomes et agriculteurs de la région
- ✓ Mener des études sur l'optimisation de l'usage de l'eau et sur la lutte contre la désertification.



Figure 33 : Localisation géographique de la station expérimentale (Google Maps, 2025) (Original,2025)

I.4. Matériel

I.4.1 Matériel biologique

I.4.1.1 La plante hôte

Une parcelle de trois mètres sur 2,5 mètres sa été sélectionnée pour le semis des graines de fève. Le sol a été soigneusement préparé afin de le travailler en profondeur, d'éliminer les obstacles structuraux de favoriser l'infiltration de l'eau de pluie et d'assurer un bon développement du système racinaire. Les graines ont été semées en les espaçant de 10 à 15cm, dans des sillons peu profonds distants d'au moins 30 cm, afin de garantir une croissance optimale des plants. Après le semis, les jeunes pousses ont été légèrement tassées puis arrosées (Figure 34).



Figure 34 : Plantation de la fève (Original, 2025)

A : Semis de la fève ; **B :** Levée des plantules ; **C :** Croissance végétative ; **D :** Plante mature

I.4.1.2 Plante aromatique (*Eucalyptus camaldulensis*)

Le choix de la plante aromatique « *Eucalyptus camaldulensis* » a été motivé par la présence de composés naturels bioactifs, notamment ses huiles essentielles. L'extraction de ces composés a été réalisée par entraînement à la vapeur d'eau. Dans le cadre de cette étude, seule la partie aérienne de la plante, en l'occurrence les feuilles, a été utilisée.

Les échantillons de la plante ont été récoltés au hasard sur le terrain de Sidi Ali (Wilaya de Mostaganem) aux Mois d'avril 2025. Les feuilles ont été séchées à l'ombre, afin d'éviter toutes altérations des principes actifs par la lumière (Figure 35).

L'identification botanique des échantillons a été effectuée par le Dr Sekkal, enseignante à l'Université de Mostaganem.

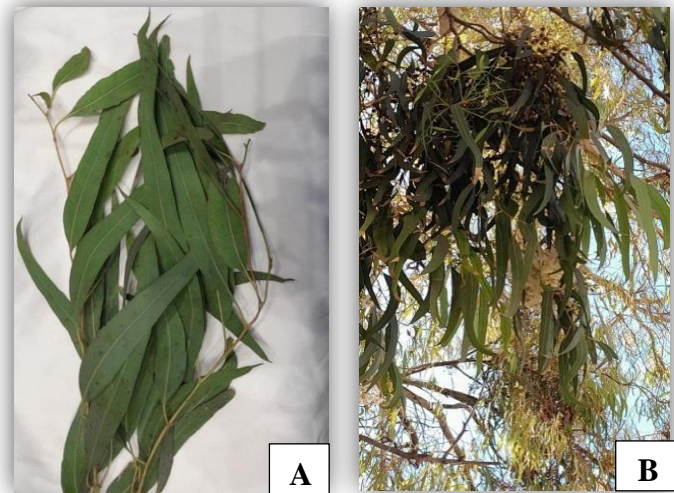


Figure 35 : Matériel végétal utilisé lors de l'expérience (feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis*)
(Original,2025)

A : Feuilles fraîches d'*Eucalyptus camaldulensis* ; **B :** Arbre d'*Eucalyptus camaldulensis* sur le terrain de prélèvement.

I.4.2.3 Matériel animal

Le matériel animal utilisé est constitué du puceron noir de la fève (*Aphis fabae*). Des individus, à la fois au stade larvaire et adulte, ont été prélevés sur une parcelle de fèves située dans l'atelier agricole de Mazagran (Mostaganem) et transportés pour les besoins de l'étude (Figure 36).

L'insecte a été identifié par des guides entomologiques sous loupe binoculaire par « Dr HAFFARI Faouzia », doctorante spécialiste en « Protection des végétaux » à l'université de Mostaganem .



Figure 36 : Colonies d'*Aphis fabae* (Original, 2025)

I.4.2.4 Produit insecticide chimique

Afin d'évaluer l'efficacité comparative de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis*, un insecticide chimique de référence a été utilisé dans le cadre de cette étude. Il s'agit du produit ASTRAD®, fabriqué par la société DEKACHIM, formulé sous forme de poudre soluble (SP) contenant 20 % d'acétamipride comme substance active (Figure 37).

L'acétamipride est un insecticide systémique appartenant à la famille des néonicotinoïdes, largement utilisé pour le contrôle de divers ravageurs suceurs tels que les pucerons, les aleurodes et les cicadelles. Il agit en se fixant sur les récepteurs nicotiniques dans le système nerveux des insectes, provoquant une paralysie et la mort de l'insecte. La dose appliquée dans cette expérimentation est de 1 g de produit dissous dans 100 ml d'eau distillée, soit une concentration de 1 %. L'application a été réalisée par pulvérisation foliaire à l'aide d'un pulvérisateur manuel, sur les plants de fèves infestés par le puceron noir (*Aphis fabae*)



Figure 37 : Produit insecticide chimique « Astrad » utilisé comme témoin positif lors de l'expérimentation(Original,2025)

I.5. Méthodes

I.5.1 Extraction des huiles essentielles par entraînement à la vapeur d'eau

L'entraînement à la vapeur d'eau est la méthode la plus courante pour extraire les huiles essentielles. A la différence de l'hydrodistillation, cette technique ne met pas en contact direct l'eau et la matière végétale à traiter. La vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. Durant le passage de la vapeur à travers le matériel végétal, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huile essentielle ». Le mélange est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique (Lucchesi, 2005) (Figure 38).

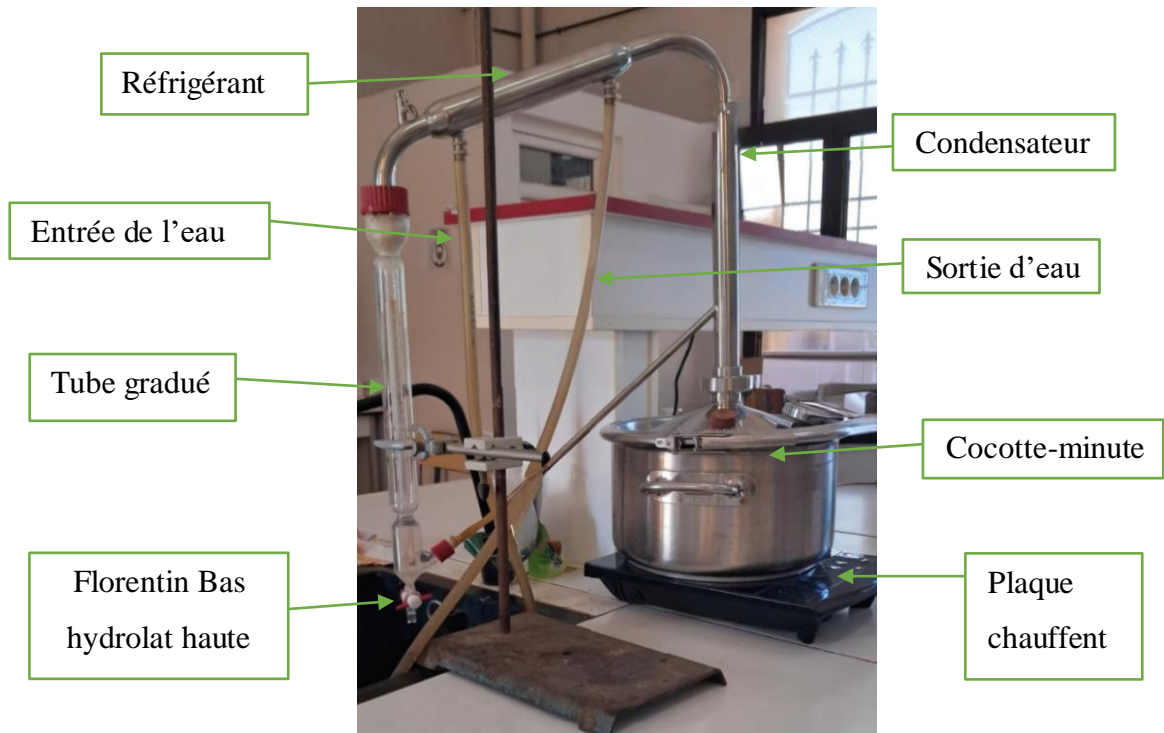


Figure 38: Dispositif d'entraînement à la vapeur d'eau (original 2025)

I.5.2 Le protocole d'extraction

Il est résumé comme suite :

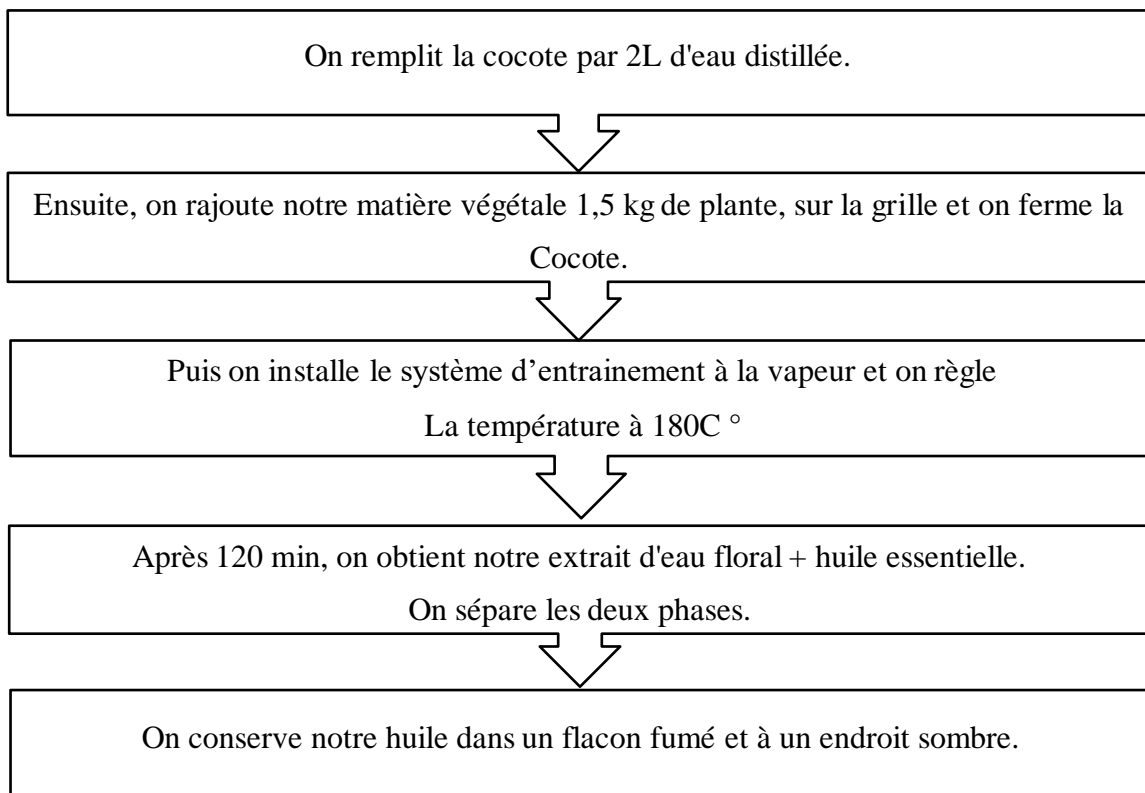


Figure 39 : Protocole expérimental suivi pour l'extraction de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* par entraînement à la vapeur d'eau.

I.5.3 Calcul de rendement

Le rendement est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile obtenue et la masse du matériel végétal introduit au début de l'opération.

$$\text{Rd}\% = m_1 / m_0 \times 100\%$$

- **Rd** : Rendement d'huile essentielle en pourcentage (%).
- **m₁** : masse de l'huile en gramme.
- **m₀** : masse de la matière végétale sèche en gramme.

I.6. Activité insecticide de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* à l'égard d'*Aphis fabae*

Pour évaluer l'effet insecticide *in vitro* de l'huile essentielle (HE) extraite des feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis*, deux tests ont été effectués : un test de contact direct et un test de répulsive.

Un échantillonnage aléatoire de pucerons *Aphis fabae* a été réalisé dans une parcelle de fèves située au niveau de la station expérimentale de l'université de Mostaganem.

Le protocole d'évaluation de l'activité insecticide sur les pucerons s'inspire de la méthode standardisée établie par l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 1963).

I.6.1 Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* par contact

Le test consiste à exposer les individus d'*Aphis fabae* à différentes concentrations d'huile essentielle (HE) d'*Eucalyptus camaldulensis*, avec un suivi régulier de la mortalité après chaque traitement (Nadio et al., 2015).

Les bio-essais ont été réalisés *in vitro* dans des conditions de laboratoires suivants un dispositif complètement aléatoire. Pour cela des boîtes de Pétri aérées de 9cm de diamètre et 1,8cm de hauteur ont été préparées, ou un morceau de tulle a été fixé sur la partie supérieure de chaque boîte, préalablement perforée à l'aide d'un scalpel chauffé. Cette ouverture permet une circulation adéquate de l'air tout en empêchant les pucerons de s'échapper. Le fond des boîtes

est tapissé d'une fine couche de papier absorbant légèrement humidifiée, afin de maintenir l'humidité et la fraîcheur des feuilles le plus longtemps possible.

Dix pucerons noirs (*Aphis fabae*) prélevés sur des feuilles fraîches et saines de fève préalablement imprégnées par l'extrait à différentes doses et qui sont placés dans trois séries de boîtes de Pétri : boîtes traitées avec différentes concentrations de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* (0,25 ; 0,5 ; 1 ; 1,5 et 2 $\mu\text{L}/\text{ml}$) (Figure 40) et les boîtes traitées avec l'eau distillée ou la dose zéro (0) a servi de témoin négatif (contrôle) ; alors que les boîtes traitées avec un insecticide chimique (Acétamipride 20%) ont été utilisées comme témoins positifs. Cela permet une comparaison directe entre l'efficacité de l'huile essentielle naturelle et celle du produit chimique conventionnel.

Toutes les boîtes ont été infestés par dix insectes, prélevés à l'aide d'un pinceau et placés sur des feuilles saines. Les boîtes de Pétri sont ensuite conservées dans des conditions de laboratoire contrôlées (température ambiante : 28 °C ; humidité relative : 80 %) pour l'ensemble des tests. Les tests ont été répétés cinq fois pour chaque dose afin d'assurer la fiabilité des résultats, Les observations de mortalité ont été effectuées à intervalles réguliers : 5 min, 30 min, 60 min et 120 min après l'exposition, ceci afin d'évaluer l'évolution du taux de mortalité des pucerons en fonction du temps et du traitement appliqué.

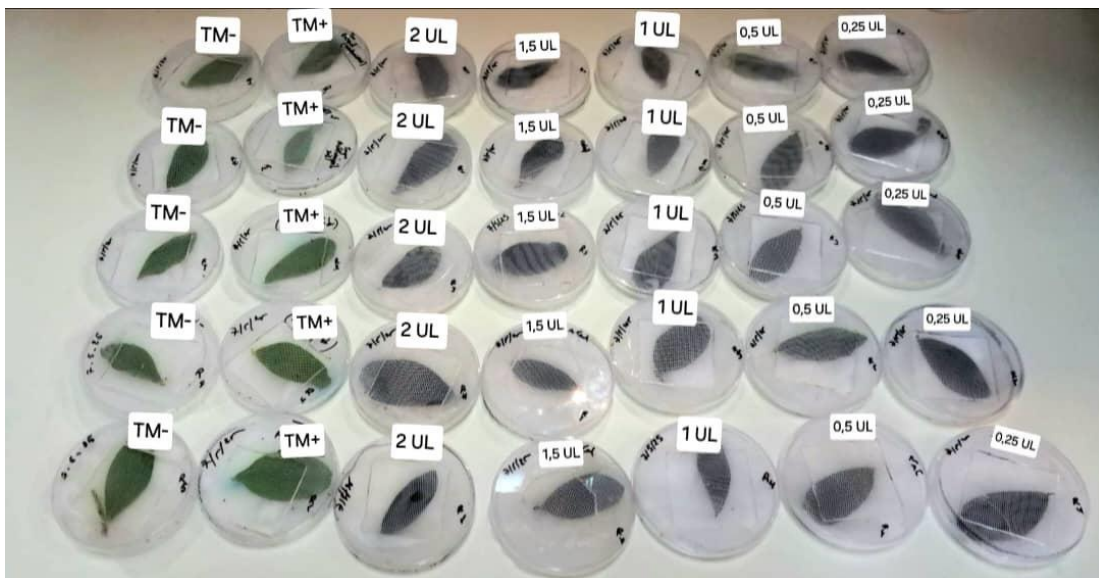


Figure 40: Dispositif expérimental du test de toxicité par contact direct de l'huile essentielle de à l'égard d'*Aphis faba* (Original,2025)

(TM+) : insecticide chimique (Acétamipride 20%)

(TM-) : L'eau distillée

I.6.2 Test répulsif de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* contre *Aphis fabae*

L'effet répulsif de l'huile essentielle (HE) d'*Eucalyptus camaldulensis* sur les individus d'*Aphis fabae* a été évalué selon la méthode décrite par McDonald et al. (1970).

Des disques de papier Wattman de 8 cm de diamètre ont été utilisés pour cette expérience. Chaque disque a été divisé en deux parties égales. Cinq concentrations d'huile essentielle ont été préparées : 0,25 µl, 0,5 µl, 1 µl, 1,5 µl et 2 µl (Figure 41). Trois répétitions ont été réalisées pour chaque concentration.

À l'aide d'une micropipette, une quantité (0,25, 0,5, 1, 1,5 et 2 µl) de l'HE d'*Eucalyptus camaldulensis* a été appliquée de manière uniforme sur une moitié de chaque disque, tandis que l'autre moitié n'a reçu uniquement que 0,5 ml d'acétone diluée à 1 % (servant de témoin négatif). Après évaporation complète du solvant, les deux moitiés ont été rassemblées et fixées avec une bande adhésive. Le disque reconstitué a ensuite été placé dans une boîte de Pétri de 9 cm de diamètre. Dix pucerons noirs (*Aphis fabae*) ont été placés au centre de chaque disque. Le comptage a été effectué après 5 minutes, 30 minutes, 1 heure et 2 heures

Parallèlement, une série supplémentaire de disques a été préparée. Sur chaque disque, une moitié a été traitée avec un insecticide chimique (Acétamipride 20 %) à raison de 0,25 ml, servant de témoin positif, tandis que l'autre moitié a été traitée avec de l'acétone, servant de témoin négatif. Cette configuration permet de comparer le pouvoir répulsif de l'huile essentielle à celui d'un agent chimique reconnu.

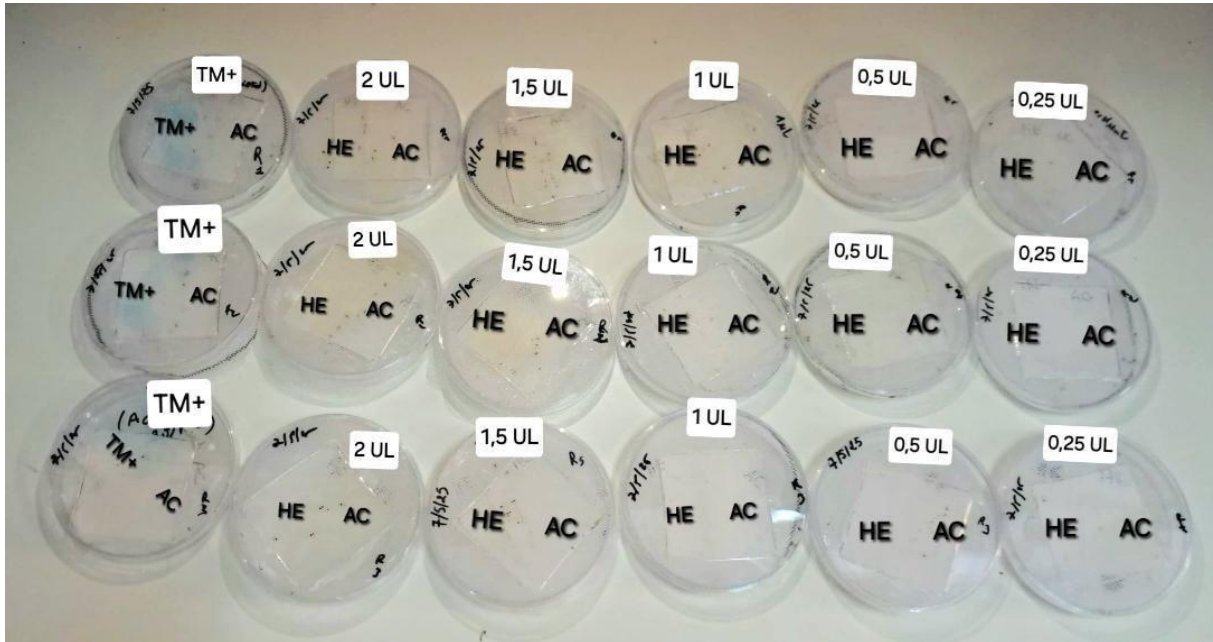


Figure 41: Dispositif expérimental du test de répulsivité de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* à l'égard d'*Aphis fabae* (Original,2025).

(TM+) : insecticide chimique (Acétamipride 20%)

(HE) : Huile essentielle

(AC) : Acétone

I.6.3 Calcul de la mortalité corrigée

Pour évaluer l'efficacité réelle d'un produit insecticide, il est essentiel de corriger le taux de mortalité observé. En effet, le nombre d'insectes morts dans une population traitée par une substance toxique ne correspond pas toujours au nombre réel d'individus éliminés uniquement par cette substance.

Il existe toujours une certaine mortalité naturelle au sein de toute population, qui s'ajoute à celle causée par l'exposition au produit toxique. Pour obtenir une estimation plus précise de l'effet insecticide, il est donc nécessaire de corriger les pourcentages de mortalité en utilisant une formule d'Abbott (1925).

$$Mc\% = [(M_0\% - M_T\%) / (100 - M_T\%)] \times 100$$

- M_c (%): pourcentage de mortalité corrigée
- M_0 (%): pourcentage des insectes morts dans la population traitée avec l'huile.
- M_t (%): pourcentage des insectes morts dans la population témoin.

I.6.4 Évaluation du pourcentage de répulsion de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis*

Le pourcentage de répulsion (PR) de l'huile essentielle (HE) a été déterminé en comptant le nombre d'insectes présents sur les deux moitiés du disque de papier :

$$PR = \left[\frac{N_c - N_t}{N_c + N_t} \right] \times 100$$

- N_c : Nombre d'insectes présents sur la partie traitée uniquement avec l'acétone.
- N_t : Nombre d'insectes présents sur la partie imprégnée d'huile essentielle.

Le pourcentage moyen de répulsion de l'huile essentielle est ensuite calculé et classé selon une échelle de récursivité allant de 0 à 5 (McDonald et *al.*, 1970).

D'après le classement proposé par McDonald et ses collaborateurs (Tapondjou et *al.*, 2003), le pourcentage de répulsion moyen est réparti en six classes, la classe 0 correspondant à un taux de répulsion inférieur à 0,1 %. Le Pourcentage de répulsion moyen est réparti suivant six classes (Tableau 09).

Tableau 09 : Pourcentage de répulsion moyen

Classe	Intervalle de répulsion	Propriétés de la substance traitée
Classe 0	PR < 0,1%	Non répulsive
Classe I	10-20%	Très faiblement répulsive
Classe II	20-40%	Faiblement répulsive
Classe III	40-60%	Modérément répulsive
Classe IV	60-80%	Répulsive
Classe IIV	80-100%	Très répulsive

I.6.5 Détermination de la DL₅₀

L'un des moyens d'estimer l'efficacité d'un produit est le calcul de la DL₅₀ et qui correspond à la quantité de substance toxique entraînant la mort de 50% d'individus d'un même lot. Ces valeurs ont été déterminées à partir d'une courbe étalon donnant les variations de la mortalité en fonction des concentrations croissantes des produits. Pour cela, les pourcentages de mortalité corrigés sont transformés en probités selon la méthode de Finney (1952).

I.6.6 Analyse statistique des données (ANOVA)

Pour évaluer l'effet insecticide de l'huile essentielle, une analyse de la variance (ANOVA) a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS (version 26), en tenant compte du nombre d'insectes morts en fonction des concentrations et du temps d'exposition. La comparaison des moyennes entre les différentes huiles essentielles a été effectuée à l'aide du test de Tukey, avec un seuil de signification fixé à $\alpha = 0,05$.

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1. Le rendement de l'huile essentielle de la plante étudiée

L'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* extraite par distillation à la vapeur d'eau est jaune clair, avec une odeur forte désagréable et une texture liquide et huileuse.

Les mêmes caractéristiques ont été signalées par Mehani (2015), qui a utilisé des feuilles d'*E. camaldulensis*, collectées de la région de Ourgla (Sahara Algérien), et Hadjadji et Chemlel (2017), qui ont utilisé des feuilles et des sommités fleuries de cette même espèce collectée de Djebel Beni Salah (Guelma).

Ces résultats sont en accord avec ceux répertoriés dans les normes AFNOR (Tableau10), Cités par Mehani (2015).

Tableau 10 : Caractéristiques organoleptiques de l'huile essentielle d'*E. camaldulensis*

Caractéristiques O.rganoleptiques	Aspect	Couleur	Odeur
Résultat de cette étude	Liquide, limpide	Jaune claire	Fraîche Eucalyptolée
Résultats de l'étude de Mehani (2015)	Liquide, limpide	Jaune claire	Fraîche Eucalyptolée
Normes de l'AFNOR (Cités in Mehani, 2015)	Liquide, mobile, Limpide	Presque Incolore à jaune pâle	Caractéristique fraîche, plus ou moins Eucalyptolée selon l'origine

Selon Sirousmehr et *al.* (2014) et Tisserand et Young (2014), les plantes sont capables de synthétiser des huiles fixes qui sont constituées généralement d'ester de glycérol et d'acides gras mais aussi elles synthétisent des huiles essentielles volatiles. Ces dernières sont constituées d'un mélange complexe de composés organiques volatils et semi-volatils qui déterminent l'arôme spécifique des plantes.

Le rendement obtenu après deux heures d'extraction est de 6,6% pour 1500g (0,44% pour les feuilles sèches) (Fig.42).

En comparant nos résultats avec ceux rapportés dans la littérature, nous remarquons que le rendement moyen en huile essentielle des feuilles d'*E. camaldulensis* trouvé dans notre étude est faible par rapport à celui rapporté par Bouderbala et *al* (2020) qui ont obtenu un rendement

de 0.78 % pour des échantillons collectés en Novembre 2019 dans la forêt de Mahouna (Guelma).

Nos résultats de rendement moyen en huile essentielle sont relativement faibles comparativement à ceux rapportés par Salemkour et Rahaoui (2019) qui ont enregistré un rendement de 0,6 % pour des échantillons de feuilles de la même espèce séchés à l'ombre pendant 10 jours, récoltés de la région de Sidi Safi située d'Ain Témouchent (Ouest de l'Algérie) en mois de Février et traités par hydrodistillation.

Ces différences de résultats peuvent être dues selon Bouhali (2015) par l'influence de plusieurs facteurs, qui sont soit liés à la plante (exemple : espèce, variété etc...) soit liés aux conditions expérimentales (exemple : procédé d'extraction, durée d'extraction, durée de séchage, etc.).

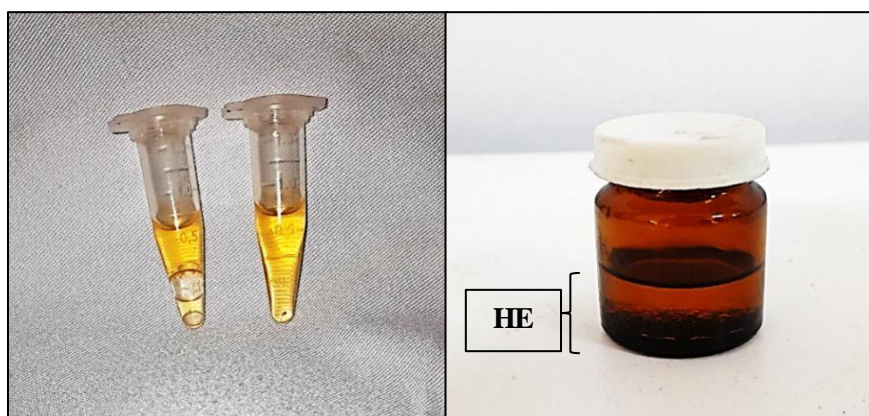


Figure 42 : Huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* (Original, 2025).

II.2. Evaluation de la toxicité de l'HE d'*Eucalyptus camaldulensis* vis-à-vis d'*Aphis fabae*

L'étude a révélé une relation proportionnelle entre le temps d'exposition, la concentration d'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* et la mortalité des pucerons (*Aphis fabae*). Plus la dose est élevée et le temps d'exposition prolongé, plus le taux de mortalité est important.

La mortalité apparaît dès les premières heures après le traitement. Une mortalité est constatée à partir des cinq premières minutes d'exposition. L'huile essentielle a montré une faible toxicité pour les doses (0,25, 0,5 et 1 µl/ml), ou le taux de mortalités est estimés à 30%, 34% et 42% respectivement. Par contre, une efficacité très forte a été enregistré pour les doses 1,5 et 2 µl/ml entraînant une mortalité de 76% et 90% respectivement.

Au bout de 60 minutes, le taux de mortalité est particulièrement élevé atteignant 98% à 0,25 $\mu\text{l/ml}$, 96% à 0,5 $\mu\text{l/ml}$ et 88% à 1 $\mu\text{l/ml}$. Par ailleurs, les concentrations de 1,5 et 2 $\mu\text{l/ml}$ ont provoqué une mortalité totale de l'insecte.

Au final, après un laps de temps de 120 minutes, La dose 1,5 $\mu\text{l/ml}$ a pu entraîner une mortalité totale (100%), comparable à l'efficacité d'un insecticide chimique « Astrad » (témoin positif). En revanche, le groupe de contrôle sans traitement n'a enregistré aucune mortalité.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent une nette efficacité insecticide de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* contre le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*). Une relation clairement proportionnelle a été observée entre la dose appliquée, le temps d'exposition et le taux de mortalité. En effet, dès les cinq premières minutes après l'application, une mortalité est enregistrée, indiquant une action rapide du produit, même à faible concentration. Cependant, l'efficacité s'intensifie de manière significative avec l'augmentation des doses et du temps d'exposition.

Les faibles concentrations (0,25 à 1 $\mu\text{l/ml}$) n'ont induit qu'une mortalité modérée (30 % à 42 %), tandis que les doses de 1,5 et 2 $\mu\text{l/ml}$ ont provoqué une mortalité très élevée (76 % et 90 % respectivement), atteignant même 100 % après 60 minutes. En outre, aucune mortalité n'a été enregistré dans le lot du témoin négatif (eau distillée). Ces résultats confirment la puissance insecticide de l'huile essentielle même à faibles concentrations.

Plusieurs études ont confirmé l'efficacité insecticide de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* contre le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*). Selon KIM et al (2003), les effets toxiques des huiles essentielles dépendent de l'espèce d'insecte, de la plante et du temps d'exposition.

Mehani et al., (2024) ont montré que l'application par contact de l'huile essentielle extraite de feuilles d'*E. camaldulensis* riche en benzène 1-méthyle-4-1-méthyléthyl provoquait une mortalité de 65% après 24h à une concentration de 35%. Ces résultats rejoignent ceux de Mehani(2021) qui ont obtenu une mortalité de 93% après 12h une infusion aqueuse à 50% de la même espèce.

Alime et al.,(2021) ont observé que l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* appliqué à 3%, entraînant 84% de mortalité en trois jours et 100% en sept jours chez des nymphes d'*A.fabae*.

La comparaison avec le témoin positif un insecticide chimique de référence « Astrad » montre que la dose de 1,5 µl/ml de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* permet d'atteindre une mortalité équivalente (100 %) au bout de 120 minutes. Cela suggère que cette huile essentielle pourrait constituer une alternative naturelle potentielle aux insecticides chimiques, notamment dans un contexte de lutte intégrée.

En revanche, le groupe témoin négatif, non traité, n'a montré aucune mortalité, ce qui confirme que les décès observés dans les groupes expérimentaux sont dus à l'effet toxique de l'huile essentielle, et non à des facteurs externes (stress, manipulation, etc.).

Les propriétés insecticides de l'huile essentielle peuvent être attribuées à ses composés majoritaires tels que le 1,8-cinéole (eucalyptol), connu pour ses effets neurotoxiques sur les insectes (Isman, 2000 ; Nerio et al., 2010). Ce composé agit en perturbant le système nerveux des insectes, entraînant paralysie et mort.

II.2.1 Calcul de la DL₅₀ par contact

L'efficacité de l'huile essentielle a été évaluée en calculant la DL₅₀, représentée par la droite de régression (Figure 44). La courbe montre une corrélation positive entre les deux variables, concentrations et taux de mortalité avec un coefficient de corrélation de $R^2=0,8135$

Les analyses montrent que l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* a une toxicité significative par contact sur les pucerons (*Aphis fabae*), avec une DL₅₀ estimée à 0,43 µl

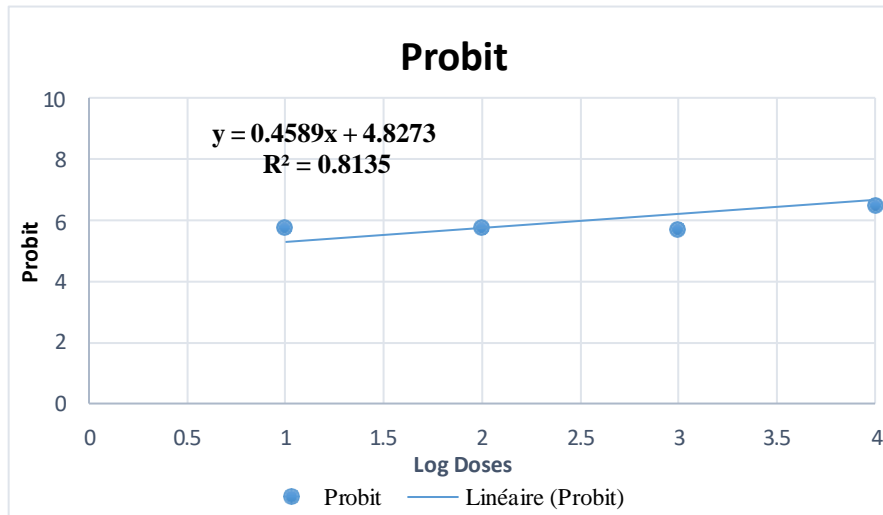


Figure 44 : Courbe linéaire pour le calcul de la DL₅₀ de de l’effet par contact de l’huile essentielle d’*Eucalyptus camaldulensis* contre *Aphis fabae*.

II.2.2 Analyse statistique des données (ANOVA)

L’analyse de variance (ANOVA) a mis en évidence une variation significative notable de la mortalité (F=10,365, p<0.000). Le test post-hoc de Tukey a identifié deux groupes majeurs : le groupe (a), représentant la mortalité constatée chez le témoin (sans traitement), et le groupe (b), qui rassemble les mortalités notées pour toutes les doses expérimentées. Les résultats dévoilent que les doses utilisées ont un effet significatif sur le taux de mortalité en comparaison au groupe témoin positif et négatif.

ANOVA					
MC %					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	26974,857	6	4495,810	10,365	,000
Within Groups	9109,000	21	433,762		
Total	36083,857	27			

II.3. Evaluation de l'effet répulsif de l'HE d'*Eucalyptus camaldulensis* à l'égard d'*Aphis fabae*

La figure 46 illustre l'effet répulsif de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* sur *Aphis fabae* à différentes concentrations (0,25 ; 0,5 ; 1 ; 1,5 et 2 $\mu\text{L/ml}$) et selon quatre temps d'exposition (5, 30, 60 et 120 minutes). L'analyse du graphique met en évidence une variation du pouvoir répulsif en fonction du temps et de la dose. À 5 minutes, les taux de répulsion sont encore modestes, allant de 60 % à 0,25 $\mu\text{L/ml}$, 20 % à 0,5 $\mu\text{L/ml}$, puis augmentent à 53 % à 1 $\mu\text{L/ml}$. Toutefois, les doses plus élevées montrent une baisse relative avec 53 % à 1,5 $\mu\text{L/ml}$ et seulement 46 % à 2 $\mu\text{L/ml}$ tandis que le témoin positif (TM+) présente un taux de répulsion de 33,33%. À 30 minutes, l'effet répulsif s'intensifie clairement : les répulsions atteignent 46%, 66%, 60%, 80% et 63% respectivement pour les concentrations croissantes, ce qui indique une réponse dose-dépendante alors que le TM+ montre 26 % de mortalité seulement. À 60 minutes, une certaine stabilité est observée avec des valeurs de 73 % pour 0,25 $\mu\text{L/ml}$, 46 % pour 0,5 $\mu\text{L/ml}$, 73 % pour 1 $\mu\text{L/ml}$, 60 % pour 1,5 $\mu\text{L/ml}$ et 80 % pour 2 $\mu\text{L/ml}$ et le TM+ atteint 40 %. Enfin, à 120 minutes, les effets maximaux sont enregistrés : 73 %, 66 %, 80 %, 100 %, et 100 % selon les concentrations croissantes et le TM+ atteint 60 %.

Ces résultats confirment une efficacité optimale aux doses les plus élevées et avec une exposition prolongée (Figure 45).

Alzahrani et al (2020) affirment que la concentration 2 $\mu\text{L/ml}$ de l'huile d'eucalyptu a montré des propriétés répulsives, réduisant la colonisation des pucerons sur les plantes traitées et entraînent une mortalité de 100% après 120min de traitement. Les pucerons ont tendance à éviter les zones où l'huile avait été appliquée

Les tests de répulsions effectués par Rezzag et Chelgui (2020) affirment que le taux de répulsion des aphides le plus efficace à six heures avec les feuilles traitées par l'huile essentielle pure d'*Eucalyptus camaldulensis* marquent un taux de répulsion de 87%. Ces résultats concordent avec les résultats de Hedjazi & Tabti (2017) ou le taux de répulsion a pu atteindre 70% après 24h de traitement.

L'huile essentielle de *E. camaldulensis* présentait une activité répulsive et insecticide sur les nymphes de *Bemisia tabaci*, la mouche blanche, avec des taux de répulsion allant jusqu'à 78 % après 24 h d'exposition. Moreteau (1991) affirme qu'un déséquilibre de la balance hormonale peut avoir des effets considérables sur la physiologie et le comportement de l'insecte et contribue ainsi à son empoisonnement

Il est à noter que l'effet répulsif observé à des doses relativement faibles, pourrait

Constituer un avantage pratique pour des stratégies de répulsion préventive, limitant la propagation du puceron dans les cultures. De plus, comparé au témoin positif, un répulsif chimique de référence, l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* offre une efficacité supérieure, tout en étant d'origine naturelle.

Ces observations sont cohérentes avec les résultats rapportés par Regnault-Roger et *al.* (2012) qui ont souligné le rôle des mono terpènes présents dans les huiles essentielles (notamment le le Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl).) dont les effets répulsifs et neurotoxiques chez les insectes. Ces composés volatils agissent par inhalation ou contact, perturbant les récepteurs olfactifs des insectes, les incitant à éviter les surfaces traitées.

Eucalyptol qui le composant majeur de l'huile essentielle d'Eucalyptus a été identifié comme un inhibiteur potentiel de l'acétylcholinestérase dans de nombreuses études, ce qui signifie qu'il peut provoquer une paralysie chez les insectes après une exposition suffisante. Ces effets neurotoxiques peuvent entraîner une paralysie progressive, une incapacité à se nourrir, et une défaillance respiratoire, qui sont des signes classiques d'une intoxication à des produits chimiques agissant sur le système nerveux central des insectes. Alzahrani, et *al* (2020), Khalil et *al* (2016).

Le pouvoir répulsif augmente globalement avec la concentration de l'huile essentielle, la dose de 1 µL/ml (66,5 %) a induit une répulsion légèrement plus forte que celle de 0,5 µL/ml (49,5 %), et les deux doses les plus élevées (1,5 et 2 µL/ml) ont produit un effet répulsif très important (73,25 % et 74,75 % respectivement). Ces résultats confirment que l'huile essentielle exerce une action répulsive notable à partir de la concentration 1 µL/ml, ce qui correspond à un seuil d'efficacité intéressant pour des applications en lutte intégrée.

D'après le classement de Mc Donald, l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* présente une répulsion (Classe IV) aux doses (0,25 ; 1 ; 1,5 et 2 µL/ml), tandis que la dose (0,5 µL/ml) classée en Classe III est modérément répulsive. Le témoin positif indique une faible répulsion (Classe II). Ce classement appuie l'efficacité potentielle de l'huile essentielle comme répulsif naturel.

Le pourcentage de répulsion de l'HE d'*Eucalyptus camaldulensis* calculé est attribué aux différentes classes répulsives variant de 0 à 100% (Tableau 11).

Tableau 11 : Classement des taux de répulsions de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis*

Dose (µl/ml)	Moyenne (%)	Classe
0,25	63	Répulsive
0,5	49,5	Modérément répulsive
1	66,5	Répulsive
1,5	73,25	Répulsive
2	74,75	Répulsive
TM+ : Produit chimique (0,25 ml) (ASTRAD)	39,8325	Faiblement répulsive

II.3.1 Calcul du DL₅₀ par répulsion

L'examen des droites de régression indique que l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* révèle une toxicité remarquable par répulsion sur *Aphis fabae* ($R^2=0,8274$; $DL_{50} = 0,036 \mu l$) (Figure 46).

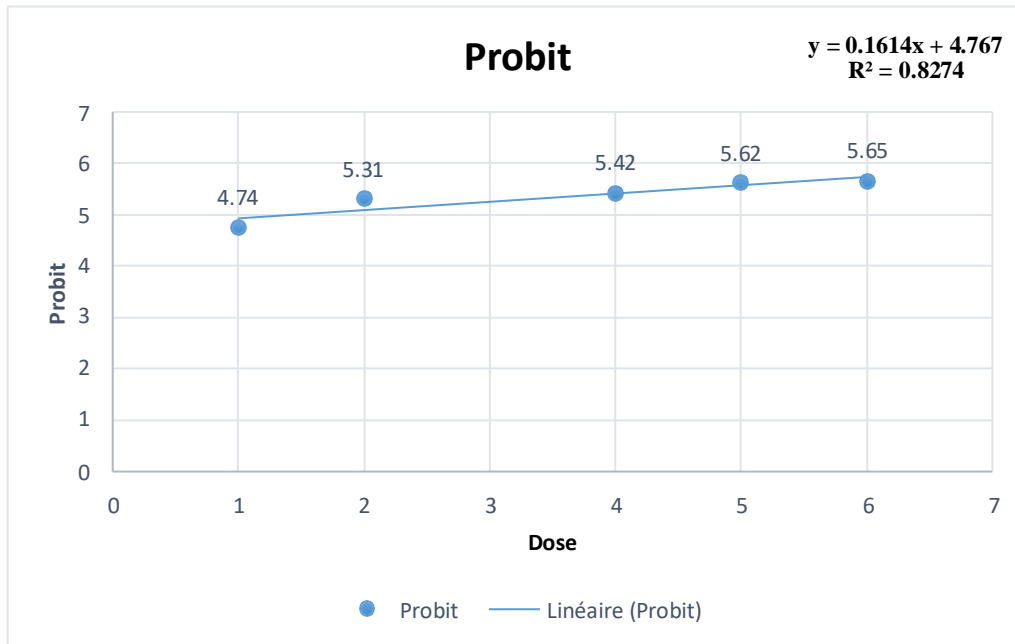


Figure 46 : Courbe linéaire pour le calcul de la DL₅₀ de de l’effet répulsif de l’huile essentielle d’*Eucalyptus camaldulensis* contre *Aphis fabae*.

II.3.2 Analyse statistique des données (ANOVA)

L’analyse de variance (ANOVA) a mis en évidence une variation non significative notable de la mortalité ($F=01.314$, $p<0.302$). Le test post-hoc de Tukey a identifié un groupe pour tous les doses (Annexe 03).

ANOVA					
TR%					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2041,974	5	408,395	1,314	,302
Within Groups	5592,377	18	310,688		
Total	7634,350	23			

Conclusion générale

L'objectif de cette étude est d'étudier l'effet insecticide de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis*, sur le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*), dans une perspective de réduire l'usage intensif des pesticides chimiques. Cette recherche s'inscrit dans le cadre de la valorisation des ressources naturelles végétales, notamment les huiles essentielles reconnues pour leurs propriétés bioactives dues à leurs richesses en métabolites secondaires.

Les essais *in vitro* menés selon différentes méthodes d'application (contact direct et répulsion) à des concentrations variant de 0,25 à 2 µl/ml ont révélé une toxicité marquée de l'huile essentielle d'*E. camaldulensis*. L'insecte étudié a montré une sensibilité marquée à l'huile essentielle. En effet, toutes les concentrations testées ont entraîné une mortalité élevée des pucerons noirs pour les deux tests, atteignant les 100% pour le test de contact.

Ces observations soulignent le potentiel prometteur de cette plante, qui pousse en abondance à l'état sauvage, comme source d'un bioinsecticide naturel. Ce travail ouvre la voie vers le développement de solutions alternatives écologiques aux insecticides chimiques.

Pour renforcer et prolonger ces résultats, plusieurs perspectives de recherche sont proposées :

- ✓ Identifier les composés actifs responsables de l'effet observé via un fractionnement couplé à des tests biologiques,
- ✓ Tester des concentrations plus faibles, afin d'affiner le seuil d'efficacité minimale,
- ✓ Explorer d'autres méthodes d'extraction pour améliorer le rendement et la qualité de l'huile essentielle,
- ✓ Évaluer l'impact sur d'autres insectes ravageurs, et comparer l'efficacité avec d'autres plantes aromatiques locales.

Ainsi, l'*Eucalyptus camaldulensis* représente une ressource végétale prometteuse à exploiter dans le cadre d'une lutte intégrée durable, respectueuse de l'environnement et de la santé humaine.

Les références bibliographiques

- **ABU AMER et al. (2011).** Production mondiale de la fève.
- **AFNOR (1998).** Huiles essentielles – Recueil de normes françaises. Paris : Association Française de Normalisation.
- **Ahmed, M. A., El-Shazly, M., & Hassan, R. (2022).** Chemical Composition and Bioactive Properties of *Eucalyptus camaldulensis*: A Comprehensive Review. *Journal of Medicinal Plant Studies*, 10(3), 89-102.
- **AIDA A. (2014).** Étude de l'efficacité des huiles essentielles du pamplemousse (*Citrus paradisi*) et du Citron (*Citrus limon*) et de leurs hydrolats à l'égard du puceron noir (*Aphis fabae* S.) de la fève (*Vicia fabae* L.) [Mémoire]. Université de Blida 01. 134p.
- **Akello, J., & Sikora, R. (2012).** Systematic acropedal influence of endophyte seed treatment on *Acyrtosiphon pisum* and *Aphis fabae* offspring development and reproductive fitness. *Biological Control*, 61, 251–221.
- **AL-GHAMDI & AL-TAHIR (2001).** Impact de la fève sur la structure du sol.
- **Aleksic Sabo, V., & Knezevic, P. (2019).** Antimicrobial activity of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Plant extracts and essential oils: A review. *Industrial Crops and Products*, 132, 413-429. .
- **ANONYME (2006).** Utilisation traditionnelle de la fève en Kabylie.
- **Anonyme. (2006).** Les pucerons: Protection Biologique Intégrée (PBI) en cultures ornementales. Projet réalisé avec le soutien du FEDER.
- **ANONYME. (2020).** La larve de coccinelle, une dévoreuse de pucerons. auJardin.info. <https://www.aujardin.info/fiches/larve-coccinelle-devoreuse-pucerons.php>
- **Arnold, RJ et Luo, J. (2018).** *Eucalyptus camaldulensis*. In Thomson L.; Doran and Clarke B. (eds) 2018. Trees for life in Oceania: conservation utilization of genetic diversity. ACIAR. Monograph No.201. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberra. 94-99.
- **ATIK (1999).** Variétés de fève et féverole.
- **Atmani-Merabet, G., Belkhiri, A., Dems, A. M., Khalfaoui, Z., Lalaouna, A., & Mosbah, B. (2018).** Chemical composition, toxicity, and acaricidal activity of *Eucalyptus globulus* essential oil from Algeria. *Current Issues in Pharmacy and Medical Sciences*, 31(2), 89–93.
- **Aouinty, B., Khallaayoune, K., & Bouayad, N. (2006).** Effets insecticides de quelques huiles essentielles contre le puceron vert du pêcher *Myzus persicae*. *Phytoprotection*, 87(2), 49-55.
- **Aubineau, M., Bermond, A., Bougler, J., Ney, B., & Roger-Estrade, J. (2002).** Larousse agricole. Italie, ISBN: 2-03-591063-3, 652p.
- **Baba-Aissa, K., Moussaoui, K., Berahal, S., Verdeguer Sancho, M., & Djazouli, Z. (2017).** Effet biocide de l'huile essentielle formulée du bigaradier *Citrus aurantium*. (1753) sur le puceron noir de la fève *Aphis fabae*. (SCOPOLI, 1763). 7(2), 11p. [ISSN: 2170-1652].
- **Badalamenti, E., Cusimano, D., La Mantia, T., Pasta, S., Romano, S., Troia, A., & Iardi, V. (2018).** The ongoing naturalisation of *Eucalyptus* spp. In the Mediterranean Basin: new threats to native species and habitats. *Australian Forestry*, 81(4), 239-249.

- **Balachowsky, A. S., & Mesnil. (1934).** Les insectes nuisibles aux arbres fruitiers, à la vigne, aux céréales et aux graminées des prairies. Ed. Victor Massé, Paris. 627p.
- **Bayer. (2018).** Puceron noir: UN développement précoce et rapide, 10/09/2018. Bayer SAS, Division Crop Science, France.
- **Bedjaoui (2000).** In Ghalbi et Mouada (2008). Exigences hydriques de la fève.
- **Ben Jemâa, J. M., Haouel, S., Bouaziz, M., & Khouja, M. L. (2012).** Chemical Composition and Antifungal Activity of *Eucalyptus camaldulensis* Essential Oil against Four Fungal Species. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2(1), S31–S35.
- **Ben Jemâa, J. M., Tersim, N., Tantaoui-Elaraki, A., & Khouja, M. L. (2012).** Seasonal variations in chemical composition and fumigant activity of five Eucalyptus essential oils against three moth pests of stored dates in Tunisia. Journal of Stored Products Research, 48, 61–67.
- **Benachour, N., et al. (2007).** Importance de la fève en Algérie. Classe Alpha.
- **Benkadja, S., & Loucif-Ayad, W. (2019).** Fumigant and repellent activity of *Eucalyptus camaldulensis* essential oil against *Sitophilus granarius* (Coleoptera : Curculionidae). International Journal of Pest Management, 65(2), 123–130.
- **Benoit, R. (2006).** Biodiversité et lutte biologique. Comprendre quelques fonctionnements écologiques dans une parcelle cultivée, pour prévenir contre le puceron de la salade. Certificat d'Études Supérieures en Agriculture Biologique. ENITA de Clermont Ferrand.
- **Benoufella-Kitous, K. (2015).** Bioécologie des pucerons de différentes cultures et de leurs Ennemis naturels à Oued Aissi et Draâ Ben Khedda (Tizi-Ouzou). Thèse de Doctorat. Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'El Harrach, 334p.
- **Bennett, M. D. (1976).** Quantité d'ADN dans *Vicia faba*.
- **Beraud, P. (2007).** Stress oxydant chez *Vicia faba*.
- **Bhuyan, D. J., Vuong, Q. V., Chalmers, A. C., van Altena, I. A., Bowyer, M. C., & Scarlett, C. J. (2017).** Phytochemical, antibacterial and antifungal properties of an aqueous extract of Eucalyptus microcorys leaves. South African Journal of Botany, 112, 180–185.
- **Bioenligne. (2018).** <https://www.bio-enligne.com/insectes-jardin.html>
- **Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2000).** Aphids on the World's Crops: An Identification and Information Guide. Wiley.
- **Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2007).** Taxonomic issues. In van Emden, H. F., & Harrington, R. (Eds.), Aphids as Crop Pests. CABI.
- **Blatt, S. E., & Nkrumah, P. N. (2015).** Nitrogen fertilization and aphid population dynamics in field crops. Journal of Applied Entomology, 139(1–2), 111–121.
- **Boland, D., Brooker, M., Chippendale, G., Hall, N., Hyland, B., Johnston, R., Kleinig, D., McDonald, M., & Turner, J. (2006).** Forest Trees of Australia.
- **Bouacha M., Messabha A (2024).** Activité antibactérienne des huiles essentielles d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Université Constantine 1 Frères Mentouri [cite Le: 12/06/2024].
- **Bouderbala, A., Sandli, R., & Grana, N. (2020).** Étude du potentiel de rendement en huiles essentielles de deux espèces végétales du Nord-Est Algérien (*Eucalyptus*

camaldulensis et *Citrus sinensis*) [Mémoire de master, Université 8 Mai 1945 – Guelma]. Dspace Guelma.

- **Boudjelida, H., Soltani, N., & Ghezali, C. (2020).** Larvicidal activity of *Eucalyptus camaldulensis* essential oil against *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Journal of Vector Ecology*, 45(3), 289-295.
- **Bouhali, F. (2015).** Étude physico-chimique et biologique des huiles essentielles de quelques plantes aromatiques spontanées de la région de Tlemcen. Thèse de Magister, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie.
- **Boukaiba, R., & Soltani, N. (2018).** Insecticidal and ovicidal activity of *Eucalyptus camaldulensis* essential oil against *Tribolium castaneum*. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(17), 16618-16627.
- **Boukhalfoun, L. (2012).** Extraction des composés actifs chez *Eucalyptus globulus*. Magister's thesis. Univ Blida 1.
- **Boukhatem, M. N., Sudha, T., Darwish, N. H. E., Chader, H., Belkadi, A., Rajabi, M., & Mousa, S. A. (2020).** A new eucalyptus essential oil formulation effective against bacteria and fungi involved in human infections. *Molecules*, 25(18), 4301.
- **Bourasse, M. (2019)** « THEME Evaluation de l'activité antibactérienne des extraits de certaines plantes de l'est algérien sur des souches résistantes aux antibiotiques ».
- **Brenden, W. (2018).** <https://www.insectimages.org/browse/taxthumb.cfm?order=92>
- **Cabrera, H., & Martein, J. (1986).** *Variété minor de la fève.*
- **Cerasoli, S., Caldeira, M. C., Pereira, J. S., & Cau, P. (2016).** *Exploration of the Eucalyptus globulus gene pool.*
- **Cerasoli, S., Caldeira, M. C., Pereira, J. S., Caudullo, G., & De Rigo, D. (2016).** *Eucalyptus globulus* and other eucalypts in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European Atlas of Forest Tree Species*, 90–91.
- **Chaux, C., & Foury, C. (1994).** *Agronomie et biologie de la fève.*
- **Chaves, L., et al. (2018).** Essential oil of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn potentiates β -lactam activity against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* resistant strains. *Industrial Crops & Products*, 112, 70–74.
- **Cheng, S.-S., Huang, C.-G., Chen, Y.-J., Yu, J.-J., Chen, W.-J., & Chang, S.-T. (2009).** Chemical compositions and larvicidal activities of leaf essential oils from two eucalyptus species. *Bioresource Technology*, 100(1), 452–456.
- **Christelle, L. (2007).** Dynamique d'un système hôte-parasitoïde en environnement spatialement hétérogène et lutte biologique. Thèse de Doctorat, Agro Paris Tech.
- **Clément, J. M. (1981).** Larousse agricole. Paris: Larousse. ISBN: 2035143012, 1207p.
- **Cole, M., et al. (1998).** *Botrytis fabae* : taches chocolat.
- **Cotelle, S. (1999).** Test des comètes chez *Vicia faba*.
- **Couplan, F. (2012).** Étymologie du mot fève.
- **Crofts, M., et al. (1980).** Variabilité morphologique de la fève.
- **Cubero, J. I. (1975).** Morphologie des fleurs de la fève.
- **Dajos, R. (2000).** Classification systématique de la fève.
- **Daoui, A. (2007).** Rôle nutritionnel de la fève pour les populations pauvres.

- **Dedryver, C. A. (2010).** Les pucerons: biologie, nuisibilité, résistance des plantes Journées Techniques Fruits et Légumes Biologiques – 14 et 15 déc. 2010, Angers.
- **Delorme, R. (1997).** Pucerons et insecticides: prévention et gestion des résistances. Cultures Légumières, numéro hors-série: environnement, juin 1997, France, pp. 11–15.
- **Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J. M. (2007).** The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annual Review of Entomology, 52(1), 81–106.
- **Dhouibi, M.H., Ben Jemâa, J.M., & Tounsi, S. (2016).** Effet insecticide des huiles Essentielles sur les pucerons et leurs prédateurs. Tunisie Journal of Plant Protection.
- **Dixon, A. F. G. (1998).** Aphid Ecology: An Optimization Approach. Springer.
- **DOGIMONT, C., BENDAHMANE, A., CHOVELON, V., & BOISSOT, N. (2010).** Host plant resistance to aphids in cultivated crops: genetic and molecular bases, and interaction with aphids. Comptes Rendus Biologies, 333, 566–573.
- **Doran, J. C., & Wongkaev, W. (2008).** *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. In: Louppe, D., Oteng-Amoako, A. A., & Brink, M. (Eds.), Plant Resources of Tropical Africa 7(1): Timbers 1. PROTA Foundation, Backhuys Publishers, Leiden; CTA, Wageningen, Netherlands.
- **DSA. (2017).** Statistiques agricoles algériennes.
- **Duc, G. (2010).** Structure morphologique de la fève.
- **Duke, J. A., & Wain, K. K. (1981).** The Medicinal Plants of the World, computer index with more than 85,000 entries, Vol. 3.
- **Duranti, M. (2019).** ‘
- **Eastop, V. F. (1977).** Worldwide importance of aphids as virus vectors. In Harris, K. F., & Maramorosch, K. (Eds.), Aphids as Virus Vectors, Academic Press (New York), 3–62.
- **ElaissiAmeur, Hadj SalahKarima, MabroukSamia, Mohamed LarbiKhouja, ChemliRachid, Harzallah-SkhiriFethia(2011)** Antibacterial activity and chemical Composition of 20 Eucalyptus species essential oils. Food Chemistry 129: 1427–1434.
- **FAO. (2010).** Proceedings. Regional expert consultation on eucalyptus. Volume I.
- **FAO (2023).** Statistiques de production de la fève.
- **FERRARA et al. (2004).** Sensibilité génotoxique de *Vicia faba*.
- **FINNEY, D. J., ÉDITEUR. (1952).** Analyse Probit. Cambridge, Angleterre, Cambridge University Press.
- **Fouarge, C. (1990).** Les pucerons sont-ils si dangereux. Revue Agronomie Belge, 47, 4–6.
- **Foster, S. P., Denholm, I., & Devonshire, A. L. (2020).** Insecticide resistance. In H. F. van Emden & R. Harrington (Eds.), Aphids as crop pests (2nd ed., pp. 261–285). CABI Publishing.
- **Fraval, A. (2006).** Les pucerons. Insectes, 3 n°141, Office pour les insectes et leur environnement, France, 2^{ème} trimestre, pp. 03–08.
- **Fredon. (2008).** Fiche technique sur les pucerons.
- **Gakuubi, M. M., Maina, A. W., & Wagacha, J. M. (2017).** Antifungal activity of

- Essential oil of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Against selected Fusarium spp. International Journal of Microbiology, 2017, Article ID 8761610.
- **Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Mendoza, J., & Huanca, R. (2011).** Crop water use indicators to quantify the flexible phenology of Andean potato cultivars. *Agricultural Water Management*, 98(11), 1700–1708.
 - **Ghalem, B.R., & Mohamed, B. (2008).** Antibacterial activity of leaf essential oils of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus camaldulensis*. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2(10), 211-215.
 - **Ghasemi, N., & Fatemi, S. H. (2010).** Antioxidant activity of the essential oil and methanolic extract of *Eucalyptus largiflorens* and *Eucalyptus intertexta* from central Iran.
 - **Gilles M., Zhao J., An M. et Agboola S. (2010)** Chemical composition and antimicrobial Properties of essential oils of three Australian *Eucalyptus* species. *Food Chemistry* 119: 731–737.
 - **Giordanengo, P., Brunissen, L., Rusterucci, C., Vincent, C., Bel, A. V., Dinant, S., Girousse, C., Faucher, M., & Bonnemain, J. L. (2010).** Compatible plant-aphid interactions: How aphids manipulate plant responses. *C. R. Biologies*, 333, 516–523.
 - **GODIN C., BOIVIN G., (2000).** Guide d'identification des pucerons dans les cultures Maraîchères au Québec, Agriculture et Agroalimentaire, Canada, pp. 4-30.
 - **Godin, C., & Boivin, G. (2002).** Guide d'identification des pucerons dans les cultures maraîchères au Québec. Agriculture et Agroalimentaire Canada, révision 2002, 31p.
 - **GOGGIN F.L., (2007).** Plant-aphid interactions: molecular and ecological perspectives. *Current Opinion in Plant Biology*. 10: 399-408.
 - **Guen & Due (1996).** Origine géographique de *Vicia faba*.
 - **Hedjazi, N. & Tabti, I. (2017).** Étude de l'activité insecticide des extraits végétaux d'*Eucalyptus camaldulensis* et *Salvia officinalis* contre le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*). *Journal of Entomological Research*,
 - **HALES D.F., TOMIUK J., WOHRMANN K., SUNNUCKS P., (1997).** Evolutionary and Genetic aspects of aphid biology: A review. *Eur. J. Entomol.* 94: 1- 55.
 - **HAMADACHE (2003).** Effet racinaire de la fève.
 - **Harmel, N., Francis, F., Haubruge, E., & Giordanengo, P. (2008).** Physiologie des interactions entre pomme de terre et pucerons: vers une nouvelle stratégie de lutte basée sur les systèmes de défense de la plante. *Cahiers Agricultures*, vol. 17, n°, 395–398.
 - **Harrington, R., & van Emden, H. F. (2007).** Aphids as Crop Pests. CABI.
 - **Hautier, L. (2003).** Impacts sur l'entomofaune indigène d'une coccinelle exotique utilisée en lutte biologique. Diplôme d'Études Spécialisées en Gestion de l'Environnement., Université Libre de Bruxelles.
 - **Hayat, U., Jilani, M. I., Rehman, R., & Nadeem, F. (2015).** A Review on *Eucalyptus globulus*: A new perspective in therapeutics. *Int. J. Chem. Biochem. Sci*, 8, 85-91.
 - **Hoffmann, A. A., Sgrò, C. M., & Kristensen, T. N. (2021).** Revisiting adaptive potential, population size, and conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 36(8), 752–766.
 - **Hulle, M., et al. (2011).** Les pucerons des grandes cultures: cycles biologiques et activités de vol. Ed QUAE & INRA PARIS, Pp 33–36.
 - **Hulle, M., Turpeau-Ait Ighil, E., Leclant, F., & Rahn, M. J. (1998).** Les pucerons des arbres fruitiers: cycle biologique et activités de vol. Ed. INRA. Paris.

- **Hulle, M., Turpeau-Ait Ighil, E., Robert, Y., & Monet, Y. (1999).** Les pucerons des plantes maraîchères: cycle biologique et activités de vol. Ed ACTA-INRA. Paris.
- **Iluz, D. (2011).** The plant-aphid universe. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology, 16, 91–118.
- **INRF (1996).** La forêt Algérienne, édité par l'Institut National de la Recherche Forestière, Bainem, Alger, Algérie.
- **Institut national de recherche forestière. (1996).** « La forêt Algérienne » édité par Bainem-Alger février -mars page10.
- **Iserin P., Masson M., Restellini J.P., Ybret E., De laage de meus A., Moulard F et al., (2001).** Larousse des plantes médicinales: identification, préparation, soins. Edition Larousse p10-12.
- **Iserin, P. (2007).** Encyclopédie des plantes médicinales: Identification, préparation, soins. Paris: Larousse.
- **Isman, M.B. (2000).** Plant essential oils for pest and disease management. Crop Protection, 19(8-10), 603-608.
- **Isman, B., (2006).** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annu. Rev. Entomol. 51 : 45-66,
- **Isman, M. B. (2008).** Botanical insecticides: for richer, for poorer. Pest Management Science, 64(1), 8–11.
- **Jensen et al. (2010).** Apport d'azote par *Vicia faba*.
- **Kara, k; Saidii, S; (2016).** Contribution à l'étude comparative du rendement et des composés Chimiques de l'huile essentielle d'Eucalyptus globulus entre les feuilles âgées et les feuilles jeunes de la forêt de Harouza Tizi-Ouzou. Thèse de doctorat: Biologie Animale et Végétale. Tizi- Ouzou: Université Mouloud Mammeri, 82p.
- **Khalil, M. S., El-Said, S., & Abdelgaleil, S. A. M. (2016).** Bioactivity of essential oils of three Eucalyptus species against the whitefly, Bemisia tabaci (Gennadius). Egyptian Journal of Biological Pest Control, 26(1), 49–54.
- **Kebir, B. (2018).** Etude dendrométrique d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh dans trois Stations de la Wilaya de Tlemcen. Mémoire de Master, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, Algérie.
- **Kechar, Y., & Saïd, B. (2022).** Effet insecticide de l'huile essentielle de *Artemisia herba Alba vis-à-vis* du puceron noir de la fève (*Aphis fabae*) [Mémoire]. Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem.
- **Kesharwani, V., Gupta, S., Kushwaha, N., Kesharwani, R., & Patel, D. K. (2018).** A review on therapeutics application of eucalyptus oil. Int. J. Herb. Med, 6(6), 110-115.
- **KHALDI et al. (2002).** Effet de la fève sur les cultures suivantes
- **Kim, D. H., Ahn, Y. J., Kim, S. I., & Lee, S. G. (2003).** Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera : Bruchidae). Journal of Stored Products Research, 39(3), 293–303.
- **Kommedahl, T. (1963).** Eucalypts of Australia. Journal of the Minnesota Academy of Science, 31(1), 55–59.
- **Koppert France. (n.d.).** *Chrysoperla carnea* (Green lacewing) [Photographie]. Koppert Biological Systems. .

- **Kos, K., Tomanović, Z., Petrović-Obradović, O., Laznik, Z., Vidrih, M., & Trdan, S. (2008).** Aphids (Aphididae) and their parasitoids in selected vegetable ecosystems in Slovenia. 91(1): 16.
- **KOUASSI K, (2010).** Etude comparée de l'efficacité des extraits aqueux de graines de neem et de feuilles d'eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*) dans la lutte contre les insectes du gombo. Mémoire d'Institut national polytechnique Félix Houphouët- Boigny (école supérieure d'agronomie).
- **Koziol Nathalie. (2015).** Huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus*, d'*Eucalyptus radiata* et de *Corymbia citriodora*: qualité, efficacité et toxicité. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Lorraine. P46-50.
- **Lambert, L. (2005).** Les pucerons dans les légumes de serre: Des bêtes de sève. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, Québec.
- **LARRALDE & MARTINEZ (1991).** Composition chimique de la fève.
- **LAUMONIER (1979).** Cycle et exigences de la fève.
- **LEBRETON et al. (2009).** Résistance de la féverole.
- **LE TRIONNAIRE G., HARDIET J., JAUBERT-POSSAMAI S., SIMON J-C., TAGUD., (2008).** Shifting from clonal to sexual reproduction in aphids: physiological and Developmental aspects. Biol. Cell. 100: 441-451.
- **Leclant, F. (1996).** Dégâts et identification des pucerons. PHM Revue Horticole, n°369, pp. 19-24.
- **Leclant, F. (1999).** Les pucerons des plantes cultivées. Clefs d'identification. Ed. ACTA-INRA. Paris. 64p.
- **Leclant, F. (2000).** Les pucerons des plantes cultivées: clefs d'identification. Cultures Fruitières. Ed Quae. France. 127 p.
- **Lobstein A., Couic-marinier F., Koziol N. (2018).** Utilisation d'*Eucalyptus globulus* Actualités Pharmaceutiques. 57(573): 59-61.
- **Lucchesi, M. E. (2005).** Extraction des huiles essentielles par entraînement à la vapeur sans solvant: étude cinétique et optimisation [Thèse de doctorat, Université de la Réunion].
- **Maisonhaute, J. E. (2009).** Quand le paysage influence les ennemis naturels. Bulletin de la Société d'entomologie du Québec, 16(2), 3-5.
- **Maattougui, M. (1996, 1997).** Utilisations alimentaires et engrais vert.
- **Marcato-Romain, L., et al. (2009).** Test des micronoyaux sur *Vicia faba*.
- **Magrini, M.-B., Anton, M., Chardigny, J.-M., Duc, G., Duru, M., Jeuffroy, M.-H., & Micard, V. (2018).** Pourquoi les légumineuses à graines sont-elles rarement présentes dans les systèmes de culture malgré leurs bénéfices environnementaux et nutritionnels Oil seeds and fats, Crops and Lipids, 25(6), D612.
- **Matougui, M., & Benzagouta, D. (2020).** Évaluation de l'activité antifongique de l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* vis-à-vis de *Fusarium* spp. D'intérêt médical: Étude prospective. Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri, Constantine, 85 p.
- **Maxted, N. (2001).** Feuilles et structure foliaire de la fève.
- **McDonald, L. L., Guy, R. H., & Speirs, R. D. (1970).** Évaluation préliminaire de nouveaux matériaux candidats comme toxiques et attractifs contre les insectes des produits stockés. Rapport d'étude de marché n° 882. USDA, Agricultural Research Service, Washington.

- **Mehani, A. (2015).** Étude phytochimique et évaluation des activités biologiques de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah – Ouargla, Algérie.
- **Mehani, A., Boukhechem, A., & Benyahia, M. (2024).** Effet insecticide par contact de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* sur *Aphis fabae*. Journal Algérien des Sciences Biologiques, 18(1), 55–64.
- **Mehani, A. (2021).** Activité insecticide d'une infusion aqueuse de feuilles d'*Eucalyptus camaldulensis* sur le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*). Revue des Plantes Médicinales et Aromatiques, 12(2), 102–110.
- **Mekkelleche, H. (2015).** Contribution à l'étude morpho-métrique d'*Eucalyptus globulus* Labill (Myrtaceae) dans la région de Tlemcen. Thèse de Master, Université Aboubaker Belkaid, Tlemcen.
- **Messiaen, C. M., et al. (1991).** Rouille de la fève.
- **Mezmani, K. (2011).** Classification et variétés de la fève.
- **Meziane, H. (1996).** L'Eucalyptus en Algérie, un arbre controversé en forêt algérienne N°1. Édité par I.N.R.F., Bainem, pp. 5–10.
- **Muthee Gakuubi, M., Maina, A. W., & Wagacha, J. M. (2017).** Antifungal Activity of Essential Oil of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Against Selected Fusarium spp. International Journal of Microbiology.
- **Nerio, L.S., Olivero-Verbel, J., & Stashenko, E. (2010).** Repellent activity of essential oils: a review. Bioresource Technology, 101(1), 372–378.
- **OMS (1964).** Organisation mondiale de la Santé & Candau, Marcolino Gomes. Activité de l'OMS en 1963: rapport annuel du Directeur général à L'Assemblée mondiale de la Santé et aux Nations Unies. Organisation mondiale de la Santé.
- **Pavela, R. (2016).** History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects – a review. Plant Protection Science, 52(4), 229–241.
- **PERON (2006).** Préférences pédologiques de la fève.
- **PICARD (1976).** Variétés pigmentées de la fève.
- **Pineda, A., & Marcos-García, M.A. (2008).** Seasonal abundance of aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae) and their population levels in and outside Mediterranean sweet pepper greenhouses. Annals of the Entomological Society of America, 101(2), 384–391
- **Prieta J, (2021).** Disponible sur <https://identify.plantnet.org/es/useful/observations/1009823232>
- **PLANQUAERT & GIRARD (1987).** Cycle biologique et maladies.
- **Rabasse, J. M. (1985).** Pucerons en cultures protégées, les problèmes posés et les moyens de les contrôler en lutte intégrée. Phytoma – Défense des cultures, (234): 13– 18.
- **Radwan, D. E. M., Lu, G., Fayez, K. A., & Mahmoud, S. Y. (2008).** Protection action of salicylic acid against bean yellow mosaic virus infection in *Vicia faba* leaves. Journal of Plant Physiology, 165, 845–857.
- **Regnault-Roger, C., Vincent, C., & Arnason, J. T. (2012).** Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. Annual Review of Entomology, 57, 405–425.

- **Rezzag, A. & Chelgui, A. (2020).** Étude de l'activité insecticide des extraits végétaux d'Eucalyptus contre le puceron noir de la fève (*Aphis fabae*). Mémoire de Master, Faculté des Sciences de la nature et de la Vie et de la Terre, Université de Ghardaïa.
- **Robert, Y. (1982).** Fluctuation et dynamique des populations des pucerons. Jour d'étude et d'info: Les pucerons des cultures, 2–4 mars 1981. Ed. ACTA, Paris, pp. 21– 35.
- **Russo, S., Grass, M. Y., Fontana, H. C., & Leonelli, E. (2018).** Insecticidal activity of essential oil from *Eucalyptus globulus* against *Aphis nerii* (Boyer) and *Gynaikothrips ficorum* (Marchal). *AgriScientia*, 35(1), 63-67.
- **Ryckewaert, P., & Fabre, F. (2001).** Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures maraîchères à la Réunion. Ed CIRAD, Saint Pierre, La Réunion.
- **Salehi, B., Sharifi-Rad, J., Quispe, C., Llaïque, H., Villalobos, M., Smeriglio, A., & Martins, N. (2019).** Insights into Eucalyptus genus chemical constituents, biological activities and health- promoting effects. *Trends in Food Science & Technology*, 91, 609- 624
- **Salemkour, B & Rahaoui, R. (2019).** Etude De L'effet Antimicrobien des Extraits et de L'Huile Essentielle d'une Plante Médicinale (*Eucalyptus camaldulensis*) de La Région d'Ain Timouchent. Mémoire de Master. Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Aïn-Témouchent, Algérie.
- **Salvo, A. (2010).** Natural enemy assemblages and biological control of aphids in soybean. *Bio Control*, 55(1), 37–49.
- **SANG & LI (2004).** Utilisation de la fève en écotoxicologie.
- **Sawadogo, A. (1981).** Importance des eucalyptus dans les reboisements en Afrique de l'ouest: évaluation économique de leur utilisation. MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES Présenté en vue de L'Obtention du Diplôme d'Ingénieur du Développement Rural Option: Ea ux et Forêts.
- **Sforza, R. (2008).** Contrôle biologique des plantes envahissantes en Europe : état actuel et perspectives. *Cahiers Agricultures*, 17(2), 167–173.
- **Shala, A. Y., & Gururani, M. A. (2021).** Phytochemical Properties and Diverse Beneficial Roles of *Eucalyptus globulus* Labill: A Review. *Horticulturae*, 7, 450.
- **Simonneau et al. (2012).** Stades phénologiques et ravageurs.
- **Sirousmehr, A., Ramezani, M., Moradi, S., & Mousavi, S. H. (2014).** Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from medicinal plants against clinical isolates of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, 9(2), e11718. <https://doi.org/10.17795/jjnpp-11718>.
- **Smith, S. M. (2005).** Biological control with *Trichogramma* : advances, successes, and potential of their use. *Annual Review of Entomology*, 50, 67–95.
- **SonyLeo. (2020).** Disponible sur: <https://www.flickr.com/photos/140081027@N05/49893346172/in/photolist-2j1Uryq-2p9kEyZ-2p9kFc2>
- **Soumare, A. (2018).** Les plantations d'Eucalyptus au Sahel : Distribution, importance socio-Économique et inquiétude écologique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*
- **Stadler, B., & Dixon, A. F. G. (2005).** Ecology and Evolution of Aphid-Ant Interactions. *Annual Review of Entomology*.

- **Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., & Pisante, M. (2017).** Multiple benefits of legumes for Agriculture sustainability: an overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(2).
- **STODDARD et al. (2010).** Symptômes du mildiou.
- **SULLIVAN DJ. (2005).** Aphids. *Encyclopedia of entomology*. 1: 127-146.
- **Sutherland, C. A. (2006).** Aphids and Their Relatives. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico.
- **TaboukouyouthH. (2012).** Valorisation d'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* extraite par deux méthodes différentes [en ligne]. Thèse de doctorat: Université de Djelfa -ZianeAhour. Algérie, 23 -52 p.
- **Tanya, D. (2002).** Aphids. Bio-Integral Resource Center, Berkeley.
- **TAPONDJOU LA., ALDER C., BOUDA H., FONTEM D A., (2003).** Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et d'*Eucalyptus saligna* à l'égard de la *bruche duniébé*, *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera, Bruchidae). Cahier d'études et de recherches francophones/Agriculture, Vol. 12. N°6. Pp 401-407.
- **Thiombiano, L. (1984).** Première approche de l'influence du reboisement en *Eucalyptus Camaldulensis* sur des sols de gorse (haute-volta) Thèse de Doctorat en 3ème cycle en Écologie 137p.
- **THOMAS (2008).** Féverole et résistance aux maladies.
- **Tomasz Klejdys. (2019).** Disponible sur : <https://www.shutterstock.com/image-photo/onion-potato-tobacco-cotton-seedling-thrips-1416146774>
- **Turpeau, E. (2010).** Encyclopédie baphid : l'encyclopédie des pucerons.
- **Turpeau-Ait Ighil, E., Dedryver, C. A., Chaubet, B., & Hullé, M. (2011).** Les pucerons des grandes cultures: cycles biologiques et activités de vol. Ed. Quae, Paris. 33p.
- **Van Emden, H. F., & Harrington, R. (2007).** Aphids as Crop Pests. CABI.
- **Vanlerberghe-Masutti, F. (1996).** La variabilité des pucerons: causes et conséquences. *Rev. Phra. Horticole*, n° 369, pp. 13–17.
- **Verhaegen, D., Randrianjafy, H., Rakotondraoelina, H., Trendelenburg Rakotonirina, M.-C., Andriamampianina, N., Montagne, P., Rasamindisa, A., Chaix, G., Bouillet, J.-P., & Bouvet, J.-M. (2014).** *Eucalyptus robusta* pour une production durable de bois énergie à Madagascar : Bilan Des connaissances et perspectives. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 320(320), 15.
- **Vilela. (2009).** Activity of essential oil and its major compound, 1,8-cineole, from *Eucalyptus Globulus* Labill., against the storage fungi *Aspergillus flavus* Link and *Aspergillus parasiticus* Speare". *Journal of Stored Products Research*. P. 108-111
- **Wang, Y., Ma, L., Wang, J., Ren, X., & Zhu, W. (2000).** A study on system optimum control to diseases and insect pests of summer soybean. *Acta Ecologica Sinica*, 20, 502– 509.
- **Welle, F., Gueye, M. T., Sarr, I., Sarr, A. K., Cissokho, P. S., Diarra, K., & Balde, B. (2022).** Etude de l'efficacité de la poudre d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh sur *Sitophilus zeamais*(Motschulsky) et *Tribolium castaneum* (Herbst) ravageurs du sorgho stocké au Sénégal : *International Journal of Biologi-Cal and Chemical Sciences*, 16(3), Article 3.
- **Yahia, A., Aissani, N., & Benmehdi, F. (2012).** Étude de la culture de la fève (*Vicia faba*) dans l'ouest algérien : contraintes et perspectives. *Revue des Bioressources*, 2(1), 23–29.

- **Yost, J. M., Wise, S. L., Love, N. L., Steane, D. A., Jones, R. C., Ritter, M. K., & Potts, B. M. (2021).** Origins, diversity and naturalization of *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae) in California. *Forests*, 12(8), 1129. -Foudil-Cherif, Y. Etude comparative des Huiles Essentielles Algériennes d'Eucalyptus., Mémoire de Magister.1991.
- **ZAGHOUANE (1991).** Zones de culture de la fève en Algérie.
- **Zelmat, L., & Arab, O. (2019).** Étude de l'effet « in vitro » ET « in vivo » de l'huile essentielle de *Salvia officinalis* sur le puceron noir de la fève *Aphis fabae* [Mémoire]. Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.
- **ZERIHUN (2006).** Température optimale de croissance de la fève.

Annexe

Annexe 01 : Produits insecticide chimique utilisée

Annexe 02 : Calcul de la DL₁₀₀ par contact et répulsive de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* contre *Aphis fabae*.

L'examen des droites de régression indique que l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* révèle une toxicité remarquable par contact ($R^2 = 0.8135$; $DL_{100} = 2,57 \times 10^6 \mu\text{l/ml}$) par répulsion sur ($R^2 = 0,8274$; $DL_{100} = 7,94 \times 10^8 \mu\text{l/ml}$) *Aphis fabae* (Figure 45 et 47).

Annexe 03 : Le groupe des doses testés après l'analyse de test post-hoc de Tukey (ANOVA) de l'effet répulsif de l'huile essentielle d'*Eucalyptus camaldulensis* contre *Aphis fabae*.

TR%		
Tukey HSD ^a		
Dose	N	Subset for alpha = 0.05
		1
TM+	4	39,8325
0,5 $\mu\text{l/ml}$	4	49,5000
2 $\mu\text{l/ml}$	4	51,5000
1,5 $\mu\text{l/ml}$	4	61,5000
0.25 $\mu\text{l/ml}$	4	63,0000
1 $\mu\text{l/ml}$	4	66,5000
Sig.		,312
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.		
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.		