

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique

Université de Blida 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Biotechnologies et Agroécologie



Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention du diplôme de **Master académique**

Spécialité Phytopharmacie et Protection des végétaux
Filière Sciences Agronomiques
Domaine Sciences de la Nature et de la Vie

Thème

Etude de la toxicité comparée de *Sinapis arvensis* et d'*Eucalyptus globulus* sur un ravageur et son ennemi naturel.

Présenté par

M^{elle} Taalbi Fatima

M^{elle} Nedjma Hind

M^{elle} Benguergoura Achouak Nada

Et soutenu devant le jury

Mme Baba Aïssa K.	M.A.A	Présidente	U. Blida 1
Mme Kheddar R.	M.C.B	Examinatrice	U. Blida 1
Mme Allal Benfekih L.	Pr.	Promotrice	U. Blida 1

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Louange à « ALLAH » le tout puissant pour nous avoir accordé la force, le courage et la patience pour terminer ce mémoire.

Nous remercions notre encadreur de sa grande aide durant la réalisation de ce travail, pour ses orientations vers le succès avec ses connaissances, ses idées pertinentes et son encouragement tout au long de cette épreuve : Madame Allal .L Professeur au département des Biotechnologies et Agroécologie

Toute notre gratitude va aux membres du jury, Mme Baba Aïssa Moussaoui .K, Maître Assistante A et Mme Khedar R, Maître de Conférences B pour nous avoir fait l'honneur de présider ce jury et d'avoir accepté de juger ce modeste travail.

Un grand merci à tous nos enseignants du département des Biotechnologies et Agroécologie, nos formateurs tout le long du parcours de nos études en Sciences Agronomiques et en spécialité Phytopharmacie et Protection des végétaux,
Sans oublier Monsieur Youcef pour son soutien et ses conseils

Ainsi que Madame Ayachi N. Maître de Conférences A au département de pharmacie,
Faculté de Médecine, pour son aide,

Enfin, nous ne saurons oublier de remercier tous nos camarades de la promotion PPV pour leurs encouragements et toute personne qui nous a aidés de près ou de loin.

Achouak, Fatima & Hind

Dédicaces

*Le voyage n'a pas été court et il ne devrait pas l'être, le rêve n'était pas proche et le chemin n'était pas facile, mais grâce à **Dieu**, je l'ai fait*

Je dédie ma graduation à l'homme qui m'a donné son nom que je porte avec fierté, à celui qui a fait de ce monde un paradis à mes yeux, mon pilier solide, à celui qui m'a appris que tout est possible dans cette vie si nous l'avons fait avec amour, à celui qui m'a donné sans attendre en retour, je te serai reconnaissante toute ma vie pour tout ce tu m'as donné et fait pour moi

*Mon cher père **Belkacem***

À mon paradis, ma reine et mon ange, à la femme qui m'a ouvert la voie à la science par ses prières, à la main qui a enlevé les épines de mon chemin, à celle qui ma soutenue dans mes moments de faiblesse et a supporté toute les douleurs que j'ai traversé

*Ma chère mère **Djennad H.***

*À mon être préféré, mon soutien, qui ne penche pas ni ne s'ennuie, mon compagnon de route, à celui qui m'a toujours poussé vers le meilleur, à toi **Cheikh Younes**, je présente cet effort.*

*À celles dont j'ai pris la main pour marcher avec elles et réaliser notre rêve commun, mes copines et mes plus belles diplômées **Hind et Achouak***

*À mes frères **Abdenour, Karim, Sohaib et Mohamed Amine** et mes belles sœurs **Yasmine et Racha**, et à ma grand-mère.*

*À mes neveux **Tasnim et Iyad***

*À mes copines **Bouienoune A, Rahali F, et Mechmach I***

Aux âmes qui ont été enterrées et qui ont quitté mon monde mais qui n'ont pas quitté mon cœur

Je vous suis reconnaissante à tous.

Fatima

Dédicaces

Je dédie ce travail

*À mes chers parents Benouda et Souad qui m'ont soutenu et encouragé durant ces années
d'études*

*À ma chère sœur Wassima et son époux Mehdi pour leur aide et
leurs conseils précieux.*

*À mon cher frère Alla Eddine
et bien sur mon merveilleux Neveu Islem*

*À mes meilleures amies avec qui nous avons passé d'inoubliables moments
Mes dédicaces vont également à mes binômes
Fatima et Achouak , à tous mes amis, tous ceux qui me connaissent et à tous ceux qui m'ont
aidé de près ou de loin*

Hind

Dédicace

Je dédie ce travail

*Aux êtres les plus chers et les plus précieux : mes parent et
mes frères*

*Pour ton amour , ta tendresse , ta patience , ta compréhension et ta présence
radiante et chaleureuse dans ma vie ; **Ma mère** .*

*Pour ton amour ton affection, ton écoute permanente et ton soutien sans égal,
que dieu accorde la paix à ton âme ; **Mon père** .*

*Pour votre présence et votre affection ; votre grand cœur rempli de bonté et
de générosité , vous êtes les piliers qui tiennent ma personne ; **Anes et
Mohamed Hani** .*

*Pour ma grande et précieuse famille, pour votre encouragement constant qui
m'as permis de déterminer ce travail ; **Benguergoura et Bouraoui** .*

*Pour mes chères compagnons et amis que j'ai toujours
trouvé à mes côtés Pour mes chères binômes : **Fatima et***

Hind

Achouak

Etude de la toxicité comparée de *Sinapis arvensis* et d'*Eucalyptus globuleux* sur un ravageur et son ennemi naturel

Résumé

Les Eucalyptus et les plantes de la famille des Brassicaceae comme la moutarde des champs sont des plantes très convoitées pour leurs intérêts phytosanitaires, de santé humaine et environnementale. Ce travail s'est intéressé à l'étude de l'effet insecticide de *Sinapis arvensis* et d'*Eucalyptus globulus* sur les populations d'un modèle de puceron ravageur le puceron vert du prunier *Hyalopterus pruni*, au laboratoire. Les traitements insecticides ont porté sur l'utilisation des extraits formulés des deux plantes récoltées respectivement en automne et au printemps dans la région de ChercHELL et Ouled Yaich. Les pucerons sont déposés sur des feuilles saines d'abricotier préalablement trempées dans les solutions de traitement à deux différentes doses. Les observations ont porté sur une durée d'exposition de 2h, 6h, 10h, 24h et 48h. L'huile essentielle bioformulée de *E. globulus* récolté en automne a manifesté une toxicité moyenne dès la 6 heure à la dose D1 de 0,59g/50ml H₂O.

L'effet temporel et période de récolte a présenté une différence hautement significative. Les extraits éthanoliques par soxhlet, formulés de *S. arvensis* ont montré un meilleur effet dès la 10

heure avec une toxicité élevée à 24h pour la dose 1 de 0,6g/50ml d'H₂O. D'après nos observations, il n'ya pas eu d'effet des différents traitements sur les pucerons parasités.

Mots clés : phytoextrait, huile essentielle, aphides, parasitoides, toxicité.

Study of the comparative toxicity of *Sinapis arvensis* and *Eucalyptus globulus* on a pest and its natural enemy.

Abstract

Eucalyptus and plants from the Brassicaceae family such as field mustard are highly sought-after plants for their phytosanitary, human health and environmental benefits. This study looked at the insecticidal effect of *Sinapis arvensis* and *Eucalyptus globulus* on populations of a model aphid pest, the green plum aphid *Hyalopterus pruni*, in the laboratory. Insecticide treatments involved the use of formulated extracts of the two plants harvested in autumn and spring respectively in the ChercHELL and Ouled Yaich regions. The aphids were placed on healthy apricot leaves previously soaked in the treatment solutions at two different doses. Observations were made over an exposure period of 2h, 6h, 10h, 24h and 48h. The bioformulated essential oil of *E.globulus* harvested in autumn showed average toxicity from the 6th hour at the D1 dose of 0.59g/50ml H₂O. The temporal effect and harvesting period showed a highly significant difference. Soxhlet-formulated ethanolic extracts of *S. arvensis* showed a better effect from the 10th hour with high toxicity at 24 hours for dose 1 of 0.6g/50ml H₂O. According to our observations, there was no effect of the different treatments on the aphids parasitized.

Key words: phytoextract, essential oil, aphids, parasitoids, toxicity.

دراسة السمية النسبية لنباتي *Eucalyptus globulus* و *Sinapis arvensis* على الافة و عدوها الطبيعي.

المخلص :

تعتبر الاوكالبتوس ونباتات عائلة الكرنبات مثل الخردل البري من النباتات المرغوبة للغاية لفوائدها على الصحة النباتية و البشرية و البيئية.

ركز هذا العمل على دراسة تأثير المبيد الحشري لنباتي *Eucalyptus* و *Sinapis arvensis* على تجمعات حشرة من البرقوق الأخضر *Hyaloptreus pruni* في المختبر . ركزت المعالجات بالمبيدات الحشرية على استخدام المستخلصات المركبة من النباتين المحصودين على التوالي في الخريف و الربيع في منطقة شرشال و اولاد يعيش . يتم ترسيب حشرات المن على أوراق المشمش الصحية المنقوعة مسبقا في المحاليل العلاجية على جرعتين مختلفتين . غطت الملاحظات فترة تعرض قدرها ساعتين و 6 ساعات و 24 ساعة و 48 ساعة . اظهر الزيت العطري الحيوي لنبات *E. globulus* الذي تم حصاده في الخريف متوسط سمية اعتبارا من اساعة السادسة عند جرعة D1 البالغة 0.59جم/50مل من الماء . قدم تأثير الوقت و فترة الحصاد فرقا كبيرا للغاية . أظهرت المستخلصات الايثانولية من سوكلت المحضرة من *S. arvensis* تأثيرا افضل اعتبارا من الساعه العاشرة مع سمية عالية عند 24 ساعة للجرعة الأولى 0.6جم/50 مل من الماء . وفقا لملاحظتنا لم يكن هناك أي تأثير للمعاملات المختلفة على حشرة المن المتطفلة .

كلمات المفتاح : المستخلص النباتي , الزيوت العطرية , المن , الطفيليات , السمية .

Tableau de matière

<i>Remerciements</i>	
<i>Dédicaces</i>	
Résumé	
<i>Sommaire</i>	
<i>Liste des tableaux :</i>	
Introduction	1
Partie Bibliographique	4
Chapitre 1 : Généralités sur <i>Sinapis arvensis</i> et <i>Eucalyptus globulus</i>	5
1. Généralités sur <i>Sinapis Arvensis</i>	5
1.1 Taxinomie et noms communs:.....	5
1.2 Description botanique	6
1.3 Ecologie.....	7
1.3.1 Répartition géographique	7
1.3.2Facteurs écologiques	7
1.4. Usages	8
1.4.1. Vertus médicinales	8
1.4.2. Toxicité et effets biocides	9
2. Généralités sur <i>Eucalyptus globulus</i>	9
2.1. Taxonomie et noms communs.....	9
2.2. Description botanique	10
2.3. Ecologie:.....	12
2.3.1. Répartition géographique	12
2.3.2. Facteurs Ecologiques:	13
2.4. Usages:	13
Chapitre 2 : Généralités sur les pucerons et leurs ennemis naturels	14
1. Généralités sur les pucerons	14
1.1. Présentation et taxonomie de puceron farineux.....	14
1.2. Description.....	15
1.3. Cycle biologique	16
1.4. Dégâts	16
1.5. Luttés.....	17
2. Généralités sur les aphidiphages.....	18

Partie Expérimentale	20
1. Huile essentielle utilisée.....	21
1.1 Matériel végétal	21
1.2. Extraction de l'huile essentielle	22
1.2.1 Le rendement d'huile essentielle	23
2. Phytoextraits utilisés	24
2.1. Matériel végétal	24
2.2. Technique d'extraction des extraits de <i>S. arvensis</i>	25
3. Matériel animal.....	29
4 . Préparations des phytoformulats.....	30
5. Préparation des doses et essais de traitements sur les aphides et les momies	31
Résultat Et Discussion	35
1. Caractéristiques organoleptiques de huiles essentielles d' <i>Eucalyptus globulus</i> des deux saisons	36
1.1. Huile essentielle d' <i>E.globulus</i>	36
1.2. Extrait aqueux de <i>S.arvensis</i>	36
2. Rendements des phytoextraits étudiés	36
3. Evaluation de la toxicité d'huile d' E. globulus sur le puceron du prunier.....	37
3.1 Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle formulée d' <i>E.globulus</i>	37
3.1.1 Effet selon les doses	37
3.1.2 Effet de la période de récolte.....	39
4. Analyse de la toxicité de l'huile essentielle d' <i>E.globulus</i> formulée	40
4.1 Toxicité globale de l'HE.....	40
4.2 Analyse de la variance.....	41
5. Evaluation de la toxicité des extraits formulés de <i>S.arvensis</i>	42
5.1 Effet des doses de l'extrait formulé selon la technique d'extraction.....	42
5.2 Evaluation de la toxicité des phytoformulats de <i>S.arvensis</i> sur le puceron <i>H. pruni</i>	44
6. Discussion générale.....	47
Conclusion	50
Bibliographie	52

Liste des figures :

Figure 1: Aspect morphologique de <i>Sinapis arvensis</i> a) Tiges b) fleurs c) feuilles d) <i>Sinapis arvensis</i> plante.	7
Figure 2: Aspect morphologique de l' <i>Eucalyptus globulus</i> a) Ecorce , b) feuilles, c) fruits, d) fleurs.....	12
Figure 3: Morphologie d'un puceron ailé	15
Figure 4: Cycle de vie du puceron farineux	16
Figure 5: Cycle biologique d'un hyménoptère parasitoïde de pucerons	19
Figure 6: Localisation de la région d'échantillonnage.....	21
Figure 7: Séchage des feuilles d'eucalyptus	22
Figure 8: Montage de type Clevenger utilisé pour l'extraction des huiles essentielles	23
Figure 9: Localisation de la région d'échantillonnage de la moutarde	25
Figure 10: Etapes de l'extraction de l'extrait aqueux de <i>S. arvensis</i> par macération	26
Figure 11: Filtration du macérat	26
Figure 12: Filtration des extraits éthanoliques obtenus par macération à froid (original)	27
Figure 13: Extracteur de Soxhlet.....	28
Figure 14: Schéma légendé d'un rota vapeur www.lachimie.fr	29
Figure 15: Pucerons farineux du prunier (<i>Hyalopterus pruni</i>).....	29
Figure 16: Aspect des microparticules contenant les différents phytoformulats testés	31
Figure 17: Trempage de feuilles saines dans les solutions de traitement à base des phytoformulats testés (D1 et D2).....	33
Figure 18: Trempage d'un puceron momifié	34
Figure 19: Observations des mortalités des pucerons après application des phytoformulats grossissement : 10×40.....	38
Figure 20: Variation des pourcentages de populations résiduelles de <i>H. pruni</i> après application de l'huile essentielle d' <i>E. globulus</i> formulée selon la période de récolte.....	39
Figure 21: Variation des pourcentages de populations résiduelles de <i>H. pruni</i> selon les doses appliquées de l'huile essentielle d' <i>E. globulus</i> formulée	40
Figure 22: Variabilité moyenne des populations résiduelles du puceron <i>H. pruni</i> sous l'effet des doses de l'huile essentielle formulée d' <i>E. globulus</i>	40
Figure 23: Effets des facteurs dose, saison et temps sur la toxicité de l'huile d'eucalyptus testée et la variation du pourcentage des populations résiduelles.....	42
Figure 24: Effets comparés des doses de l'extrait formulé de <i>S. arvensis</i> obtenu par extracteur soxhlet.....	43
Figure 25: Effets comparés des doses de l'extrait formulé de <i>S. arvensis</i> obtenu par macération à froid.....	44
Figure 26: Effets des facteurs dose, saison et temps sur la toxicité des phytoformulats de <i>S. arvensis</i> testée et la variation du pourcentage des populations résiduelles.....	46

Liste des tableaux :

Tableau 1: Caractéristiques édaphiques et climatiques de la moutarde <i>Sinapis arvensis</i> (Julve., 2021)	8
Tableau 2: Les propriétés organoleptique d`huile essentielle d` <i>E. globulus</i>	36
Tableau 3: Les propriétés organoleptiques d`extrait aqueux de <i>Sinapis arvensis</i> ...	36
Tableau 4: Rendement en huile essentielle d` <i>E. globulus</i> et en extrait aqueux de <i>Sinapis arvensis</i> obtenus par macération et Soxhlet	37
Tableau 5: Résultats de l`analyse de la variance de l`effet des facteurs et leurs interactions sur les populations résiduelles du puceron <i>H. pruni</i> (Systat vers. 12)....	41
Tableau 6: Résultats De la comparaison des moyennes des populations résiduelles de <i>H. pruni</i>	45

Liste des abréviations :

Alg : Alginate de sodium

C : Degré Celsius

Cacl2 : chlorure de calcium

D1 : dose 1

D2 : dose 2

H : heure

He : Huile essentielle

Min : Minute

Mm : millimètre

PH : Potentiel hydrogène

Introduction

Introduction

Les insectes ravageurs des cultures fruitières à noyaux peuvent causer des pertes sévères en réduisant la qualité et la quantité des rendements. Parmi ces ravageurs, les pucerons et particulièrement le puceron farineux du prunier *Hyalopterus pruni* est considéré comme une menace pour les cultures fruitières à noyau en Algérie (**Touaibia, 2017**). Par ses piqûres, ce ravageur entraîne la chute prématurée des feuilles, l'atrophie des fruits et produit un abondant miellat qui favorise le développement de fumagine.

Il est indéniable que les produits phytosanitaires chimiques présentent de nombreux avantages dans la lutte aphicide. Cependant, leur utilisation peut être la cause de problèmes environnementaux et de santé publique, en plus des risques inhérents à certains d'entre eux qui restent mal évalués (**Aubertot et al., 2005**). L'usage de pesticides conventionnels est une solution de dernier recours à cause de leurs mauvais impacts sur l'abondance des prédateurs naturels qui ont pour rôle de réduire les populations aphidiennes.

La lutte biologique utilisant des biopesticides d'origine végétale est favorisée à travers le monde entier dans le cadre d'une agriculture durable (**Kouassi, 2001**). En effet, les plantes produisent des substances actives à propriétés insecticides, aseptiques et régulatrices de la croissance des plantes et des insectes. Les huiles végétales ont la propriété de perturber la morphogénèse et le développement embryonnaire des insectes (**Correia et al., 2013**). Généralement, ces substances actives sont des métabolites secondaires synthétisés par la plante et qui protègent les végétaux des phytophages et sont plus respectueux de l'environnement.

Malgré que l'utilisation de biopesticides d'origine végétale reste peu appliquée sur le terrain en Algérie, différents travaux à l'échelle académique se sont intéressés, dans la quête de nouveaux bio-insecticides, aux extraits des plantes tant pour les huiles essentielles, leurs chémotypes que pour les extraits végétaux.

La présente étude s'inscrit dans ce cadre et a pour objectif principal d'évaluer l'effet aphicide de deux plantes sélectionnées pour leur efficacité et toxicité contre différents ravageurs. Il s'agit d'une adventice : la moutarde des champs *Sinapis arvensis*, et d'une plante médicinale l'eucalyptus globuleux ou le gommier bleu, très présents et connus en Algérie pour leurs propriétés bénéfiques dans différents domaines. L'intérêt pratique de l'utilisation efficace des extraits de ces deux plantes à

Introduction

long terme réside également en leur innocuité sur les organismes non cibles tels les ennemis naturels aphidiphages.

Le document de ce mémoire est scindé en deux parties. Une première partie traite de généralités sur les plantes étudiées et le ravageur cible, tandis que dans la seconde partie, nous présentons l'essentiel du matériel et de la méthodologie d'étude utilisés ainsi que les résultats avec leur interprétation et discussion. Enfin, nous présentons une conclusion avec des perspectives pour l'approfondissement de ce travail à la fin de ce mémoire.

Partie Bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur Sinapis arvensis et Eucalyptus globulus

1. Généralités sur *Sinapis Arvensis*

1.1. Taxinomie et noms communs:

L'espèce *Sinapis arvensis* est une plante annuelle herbacée de la famille des Brassicacées aussi nommée Crucifères, une famille de plantes de taille moyenne, dont font partie le chou, le brocoli, la moutarde. Le nom Crucifères signifie des pétales en forme de croix. Cette famille contient 372 genres répartis en 4060 espèces différentes. **(anonyme)**

La classification systématique de *Sinapis arvensis* est la suivante **(Abdeldjalil., 2014)**.

Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous- classe	Dialypétale
Ordre	Pariétales
Famille	Brassicacées
Genre	Sinapis
Espèce	Arvensis
Genre espèce	<i>Sinapis Arvensis L.</i>

Noms communs : *Sinapis arvensis* , *Brassica arvensis* L. moutarde des champs, jotte, moutarde, moutarde commune, moutarde d'été, moutarde sauvage, petit bouquet jaune, ravnille, sanve, sauve, sendre, sené, sénevé, sénevé des champs, snôve. **(Stephen, 2003)**.

La moutarde se décline en trois grandes espèces : la moutarde noire (*Sinapis nigra*), la moutarde blanche (*Sinapis alba*) et la moutarde sauvage ou des champs (*Sinapis arvensis*). **(Julien, 2016)**

1.2 Description botanique

. Racines :

Courtes, minces et blanches, pivotantes et peu développées assez profondes pouvant atteindre 150 cm en conditions de sécheresse les rendant ainsi très tolérantes aux climats secs (**Boyer et al., 2019**).

. Tige : La tige est dressée, simple, souvent ramifiée et mesure de 30 à 100 cm de haut. La base de la tige présente des poils hérissés. Une coloration violacée est retrouvée à la jonction de la tige principale et des rameaux.

. Feuilles : de forme lancéolée à oblongue, mesurent de 3 à 18 cm de long et de 1,5 à 5 cm de large. Elles sont alternes et légèrement velues surtout sur les nervures de la face inférieure. Les feuilles basales sont pétiolées (longueur de 1 à 4 cm), profondément découpées. Les feuilles supérieures sont sessiles, non découpées, mais grossièrement dentées.

. Fleurs : Les fleurs sont d'un jaune brillant en forme de croix (4 pétales). Elles mesurent 13 mm de diamètre et sont disposées en grappes au bout des tiges et des rameaux, les sépales sont jaune verdâtre (**anonyme**)

. Fruits : Les Brassicacées forment des fruits de types capsule qu'on appelle siliques qui sont des fruits secs déhiscent. La silique de la Moutarde des champs est très allongée, de couleur vert clair, bosselé et hérissée de poils blancs. (**anonyme**).



Figure 1: Aspect morphologique de *Sinapis arvensis* a) Tiges b) fleurs c) feuilles d) *Sinapis arvensis* plante. www.gettyimages.fr

1.3 Ecologie

1.3.1 Répartition géographique

La moutarde des champs est originaire du bassin méditerranéen. Elle pousse naturellement dans tout le continent eurasiatique, des zones tempérées d'Europe aux plateaux du Caucase, en passant par les plaines de Mongolie et les champs canadiens.

(anonyme).

1.3.2 Facteurs écologiques

La moutarde des champs est une mauvaise herbe économiquement importante pour plusieurs cultures, mais elle peut également pousser sur de grandes étendues et dans des sites fréquemment perturbés. Cette espèce est principalement présente

Partie Bibliographique

dans les zones ouvertes exposées au soleil, et dans les champs et aux bords des chemins, elle fait partie des plantes évitant l'ombre.

La moutarde possède un développement flexible et une capacité d'adaptation au condition de l'environnement dominant parmi certaines propriétés abiotique (tab.1). Comme c'est une plante annuelle, sensible au gel, elle peut être semée d'avril à septembre. Au début du gel, la plante gèle, de sorte que les restes de la plante peuvent rester sur le sol comme couche de paillage protectrice, pouvant même être compostée au printemps.

Tableau 1: Caractéristiques édaphiques et climatiques de la moutarde *Sinapis arvensis* (Julve., 2021)

Caractéristiques du sol		Caractéristiques climatiques	
PH	Perbasophiles	Lumière	Héliophiles
Humidité	Mésoxérophiles	Humidité Atmosphérique	intermédiaire
Texture	Intermédiaire	Température	montagnardes (T ≈7-10°C)
Nutriment	Eutrophiles	Continentalité	intermédiaires (T ≈21°C)
Salinité	Non tolérant		
Matière Organique	mull carbonaté		

1.4. Usages

1.4.1. Vertus médicinales

La moutarde est un condiment populaire qui possède également des bienfaits pour la santé. Elle est riche en vitamine C, ce qui lui confère des propriétés tonifiantes et dépuratives. Elle est traditionnellement utilisée pour traiter le scorbut, une maladie causée par une carence en vitamine C. La moutarde est également efficace contre les troubles digestifs, l'atonie de l'estomac et des intestins, ainsi que les douleurs menstruelles. (Ould **M'hamed et al.**, 2017).

1.4.2. Toxicité et effets biocides

La Moutarde des champs a été signalée comme responsable d'empoisonnements du bétail au Canada, dû à la consommation de foin en contenant une grande quantité (**anonyme**)

C'est une plante comme pour plusieurs autres plantes de la famille des Brassicaceae, qui a d'importantes propriétés insecticides, nématocides, fongicides et herbicides. En effet, toutes les parties des plantes de cette famille contiennent des composés chimiques allélopathiques : les glucosinolates. Ces molécules au goût piquant sont seulement actives après avoir été hydrolysées par l'enzyme myrosinase. Toutefois, les glucosinolates sont séparés cellulièrement de la myrosinase et ainsi, les tissus des plantes doivent être rompus pour qu'il y ait hydrolyse de ces molécules et donc, production de composés actifs.

Les glucosinolates sont généralement très volatils. Ils se dispersent facilement dans les sols à la manière des fumigants et ont un effet toxique sur les champignons pathogènes, les insectes et les nématodes. Ils sont d'ailleurs si efficaces qu'ils sont désignés comme étant des « biofumigants » et sont utilisés comme remplacement au bromure de méthyle. (**Boyer et al., 2019**).

Notamment pour son pouvoir biocide et ses effets médicinales, la moutarde n'est pas considérée comme un végétal comestible car elle possède une forte teneur en glucosinolates. (**Daniel et al., 2007**). Les glucosinolates sont des molécules chimiques de défense contre plusieurs facteurs extérieurs et présentes majoritairement chez les Brassicaceae. (**Nutrixel Info., 2021**)

2. Généralités sur *Eucalyptus globulus*

2.1. Taxonomie et noms communs :

Le gommier bleu Blue Gum a été découvert pour la première fois par le botaniste Jacques Labillardière en Tasmanie en 1792

Cette plante appartient à la famille des Myrtaceae, comprenant 72 genres et 600 à 700 espèces et variétés. Plusieurs espèces ont été introduites dans différents pays, où les conditions climatiques sont appropriées, (**Reguibi, 2020**)

Partie Bibliographique

La classification systématique de *Eucalyptus.g* est la suivante (**Farman et al., 2020**) :

Règne	Plante
Sous règne	Tracheobionta.
Super division	Spermatophyta.
Division	Magnoliophyta.
Classe	Magnoliopsida.
Sous-classe	Rosidae.
Ordre	Myrtales.
Sous-ordre	Rosidae.
Famille	Myrtaceae.
Genre	<i>Eucalyptus globulux.</i>
Espèce	<i>Eucalyptus globulus</i>

Noms communs : Gommier, gommier bleu, arbre au koala, arbre à la fièvre. (**Erau, 2019**).

2.2. Description botanique :

L'Eucalyptus est un arbre de 30 à 35 mètres, au tronc droit, lisse, grisâtre, qui porte des rameaux dressés.

- **Les racines** : La plupart des eucalyptus possède également des organes de sauvegarde souterrains appelés lignotubes. Ces lignotubes se présentent sous forme de renflements à la base du collet racinaire ; ce sont des massifs cellulaires indifférenciés contenant des réserves glucidiques comme l'amidon, (**Ould Amer, 2017**)

Partie Bibliographique

- **Bois** : Lisse, blanc, bleuâtre. la vieille écorce se détache en grand lanières qui pendant le long de tronc et des branches principales ce qui donne un aspect particulière à l'espèce. **(Adouani et al., 2021)**
- **Les feuilles** : les *Eucalyptus globulus* ont en majorité des feuilles persistantes et falciformes, couverte de glandes à huile. Les feuilles sont visibles au printemps. les jeunes feuilles sont cireuses, ovales, claires, opposées, larges, glauques, longues de 5 à 15 cm. Les feuilles adultes sont alternes, étroites, pétiolées, longues de 15 à 35 cm de couleur vert sombre. **(Erau, 2019)**
- **Les fleurs** : Les fleurs sont visibles au printemps, elles naissent à l'aisselle des feuilles. Le calice a la forme d'une toupie bosselée dont la partie large est couverte par un opercule qui se détache au moment de la floraison laissant apparaitre de nombreuses étamines, de couleur crème dont le nectar est particulièrement apprécié des abeilles, **(Adouani et al., 2021)**
- **Les fruits** : Les fruits à maturité ont la forme d'un cône, ils taillent de 1,5 et 2,5 cm de diamètre. ils sont secs, et de couleur brune. Ils ont des valves qui se soulèvent pour laisser échapper les graines lors de leur chute sur le sol. **(Rahmane et al., 2016).**



Figure 2: Aspect morphologique de l'*Eucalyptus globulus* a) Ecorce , b) feuilles, c) fruits, d) fleurs (www.gettyimages.fr)

2.3. Ecologie:

2.3.1. Répartition géographique :

L'eucalyptus est un arbre à feuillage persistant originaire d'Australie. On le trouve dans le sud de l'Europe, et dans d'autres régions tempérées chaudes et sèches du monde. Grâce à sa capacité à absorber l'humidité profonde du sol et à repousser les insectes grâce à son fort parfum, l'eucalyptus a d'abord été introduit en région méditerranéenne pour nettoyer les zones marécageuses, puis apprécié pour son parfum inégal (**Tendron, 2019**).

2.3.2. Facteurs Ecologiques :

L'*Eucalyptus globulus* se développe dans des climats doux, chauds et tropicaux. Cependant, il ne peut survivre à des températures inférieures à -5°C et nécessite des précipitations annuelles moyennes allant de 250 à 2500 millimètres. On cultive l'*Eucalyptus globulus* dans la zone méditerranéenne, où il peut atteindre une hauteur de 350 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les jeunes plants sont généralement plantés au printemps ou à la fin de l'été. L'*Eucalyptus globulus* doit être cultivé dans un climat humide, sinon il risque de subir des brûlures de feuilles. Il peut pousser dans une large gamme de sols et avec des sources d'eau variées. Cette espèce préfère les sols profonds, limoneux ou limono-argileux avec une nappe phréatique accessible. C'est l'une des espèces les plus tolérantes aux sols acides, avec un pH optimal variant de 5,5 à 6,5. **(Julve., 2021).**

2.4. Usages:

L'Eucalyptus est utilisé en phytothérapie pour traiter les inflammations et les infections des voies respiratoires (toux, bronchite, rhume, sinusite). Il est également utilisé comme ingrédient dans de nombreuses préparations pharmaceutiques (sirops, pommades, pastilles, etc.) visant à soulager ces symptômes. **(Delbrouck., 2019).**

L'eucalyptus agit également sur le pancréas en favorisant la sécrétion de "liquides exocrines" nécessaires à la digestion des lipides, des glucides et des protéines. L'eucalyptus a un effet insecticide, à cause de la présence de 1,8-cinéole dans l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* va lui conférer des propriétés répulsives et insecticides. On pourra l'utiliser par exemple en diffusion pour éloigner les moustiques en été **(Boukeroui. N,2020),**

Chapitre 2 : Généralités sur les pucerons et leurs ennemis naturels

1. Généralités sur les pucerons

Les pucerons ou aphides constituent un groupe d'insectes extrêmement répandu dans le monde. En effet, ils sont signalés dans les régions tropicales et subtropicales, dans les régions tempérées et dans les steppes (Taghit, 1987). Ils sont considérés aujourd'hui comme le groupe entomologique probablement le plus important au point de vue agronomique sur le plan mondial

1.1. Présentation et taxonomie de puceron farineux :

Le puceron ou aphide est un insecte piqueur-suceur de la super famille des Aphidoïdes. Il en existe plus de 5.000 espèces dans le monde dont 250 sont connues pour être des ravageurs. (Deluzarch, 2020).

La classification systématique de puceron farineux est la suivante :

Embranchement	Arthropoda
Sous- embranchement	Mandibulata
Super-classe	Tracheata
Classe	Insecta
Super-ordre	Hemiptera
Ordre	Homoptera
Sous-ordre	Aphidinea
Super-famille	Aphidoidea
Famille	Aphididae
Sous-famille	Aphidinae, Lachninae, Myzocallidinae
Tribu	Aphidini, Macrosiphini, Tramini
Espèce	<i>Hyalopterus pruni</i> (Geoffroy, 1962)

Partie Bibliographique

1.2. Description :

L'espèce *Hyalopterus pruni*, forme aptère est un puceron de taille petite à moyenne, de forme allongée. Il est généralement vert pâle avec une fine marbrure verte plus foncé, recouvert de farine de cire, mais sur l'hôte d'été (roseaux) il y a des formes rouge sombre ainsi que des formes vertes. Les antennes sont assez courtes, entre 0,5 et 0,75 fois la longueur du corps. Les siphoncules sont très courts, et sont plus épais et plus foncés vers l'apex ; ils sont également sans rebord et arrondis à l'apex. La cauda est 1,5 à 3,0 fois plus longue que les siphoncules. La longueur du corps de l'adulte est de 1,5 à 2,6 mm (Hullé et al., 2011).

La forme ailée (Fig. 3) de *Hyalopterus pruni* a la tête et le thorax noirâtres et le dos abdominal vert pâle, avec une bande nettement pigmentée sur le tergite 8 et des traces de sclérites sombres sur les tergites 6-7. Ces marques sont masquées par les taches de cire blanche sur chaque segment abdominal.

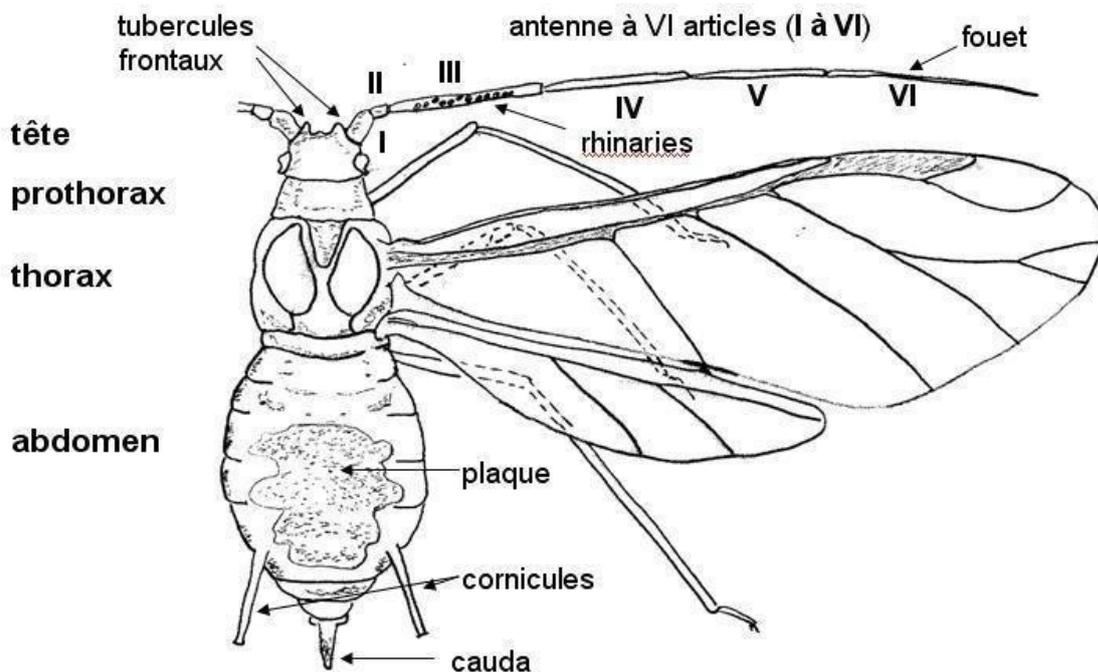


Figure 3: Morphologie d'un puceron ailé (www.inrae.fr)

Partie Bibliographique

1.3. Cycle biologique :

Le puceron farineux du prunier produit un très grand nombre de générations (Fig. 5) (Entre 3 et 13 générations) par année. L'hibernation s'effectue sous forme d'œuf pondu à la base des bourgeons des jeunes pousses de plantes appartenant au genre *Prunus*. Les œufs éclosent au printemps, généralement au stade du bouton blanc. Des colonies de pucerons aptères se développent sur la face inférieure des jeunes feuilles. Les tiges infestées deviennent généralement recouvertes de pucerons aux mois de juin et juillet.

Les pucerons ailés migrent vers un hôte secondaire qui est généralement le roseau, puis de nouveaux individus ailés y sont produits à l'automne. La nouvelle génération de pucerons ailés migre de retour vers un hôte primaire pour y pondre des œufs qui passeront l'hiver jusqu'au printemps suivant (Hulle et al., 1998)

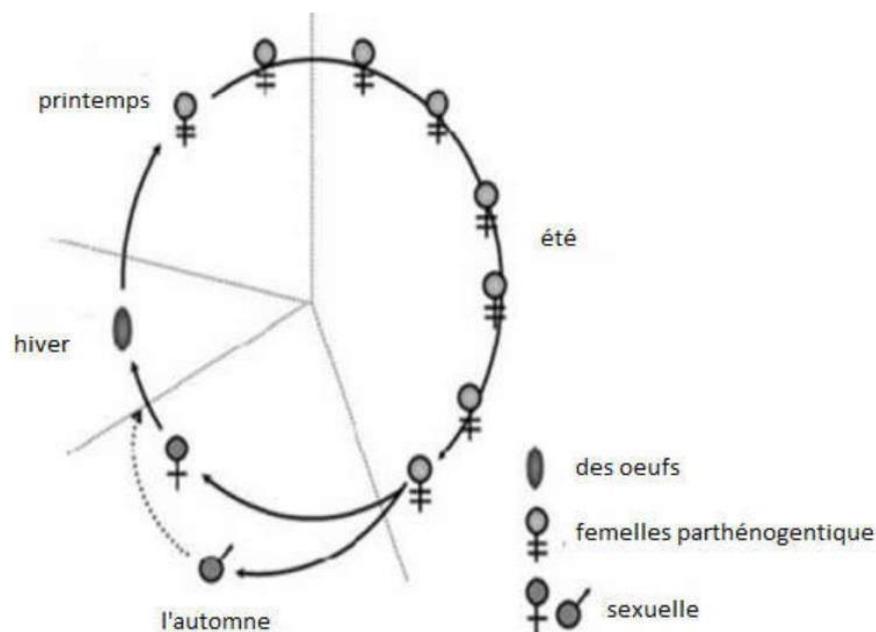


Figure 4: Cycle de vie du puceron farineux (Trionnaire et al., 2008)

1.4. Dégâts :

- **Les dégâts directs**

Les dégâts directs sont dus soit aux prélèvements de sève opérés par les pucerons soit à la toxicité de leur salive. Les dégâts se manifestent par une moindre

Partie Bibliographique

croissance, une mauvaise fructification ou une diminution du nombre des grains causés par prélèvement de la sève.

La salive des pucerons a une action irritative et toxique Il peut faire déformations des feuilles, celles-ci se plient, s'enroulent, se cloquent, changent ou non de couleur. Parfois les pousses se rabougrissent, se tordent, les fleurs avortent, les feuilles tombent. (Inaki., 2011)

- **Les dégâts indirects**

Miellat et fumagine : Des attaques abondantes s'accompagnent d'une forte production de miellat, et donc d'apparition de fumagine qui déprécie gravement les fruits, provoque la chute précoce du feuillage voire compromet la floraison de l'année suivante.

Transmission de virus : Près de 200 espèces d'aphides ont été reconnues vectrices de virus. L'une d'entre elles, *Myzus persicae* Sulz, étant capable, à elle seule, de transmettre plus de 120 maladies. Dans le cas des maladies virales seuls quelques individus peuvent entraîner les dégâts irréversibles (Remaudière et Remaudière, 1997 ; Hullé 2002).

1.5. Lutttes :

Il est essentiel de mener une lutte préventive contre les pucerons farineux et autres espèces de pucerons pour protéger et maintenir les cultures en bonne santé, de réduire les risques de dépérissement et ainsi de récolter des fruits abondants et sains.

Il existe plusieurs solutions préventives naturelles contre le puceron farineux, telles que :

- Éviter l'utilisation excessive d'engrais azotés, car cela favorise l'apparition des pucerons farineux du prunier.

- Éviter de garder les plantes qui servent d'hôtes secondaires à ces pucerons, comme les cannes de Provence ou les roseaux.

- Utiliser des purins de plantes tels que le purin de feuilles de Sureau noir, le purin de Fougère aigle, le purin d'Ortie, le purin de Rue officinale et le purin de Lavande

Partie Bibliographique

dès que nécessaire. Les deux premiers doivent être dilués à 10 % et les autres à 20 % avant utilisation.

- Les larves de Chrysopes et de Coccinelles, ainsi que les Coccinelles adultes, sont très utiles pour la lutte curative. Il est possible d'y recourir plusieurs fois dans l'année, au cours des périodes durant lesquelles les parasites sont susceptibles d'apparaître.

- Effectuer plusieurs applications d'huile blanche au cours de l'automne et de l'hiver.

2. Généralités sur les aphidiphages :

Les pucerons, lorsqu'ils se regroupent en colonies denses, constituent une source de nourriture pour de nombreux insectes auxiliaires aphidiphages, tels que les prédateurs, les parasitoïdes et les pathogènes. **(Melanie et al., 2015).**

Les parasitoïdes sont des insectes qui tuent leur hôte unique à l'issue de leur développement larvaire. Ils appartiennent majoritairement à l'ordre des Hyménoptères, qui comprend deux familles aphidiphages : les Aphelinidae et les Braconidae.

Les femelles Aphelinidae et Braconidae déposent un seul œuf à l'intérieur d'un puceron. Si elles en pondent plusieurs, les larves qui éclosent se font concurrence et ne survivent pas toutes.

La larve qui a éclos se nourrit d'abord de l'hémolymphe de son hôte, puis des tissus, ce qui entraîne sa mort. La larve âgée tisse un cocon à l'intérieur ou à l'extérieur du puceron, appelé momie **(Maurice, 2020)**. Le puceron gonfle et prend l'aspect d'une momie de couleur nacré, jaune or d'où émergera un Aphidius adulte. **(anonyme)**

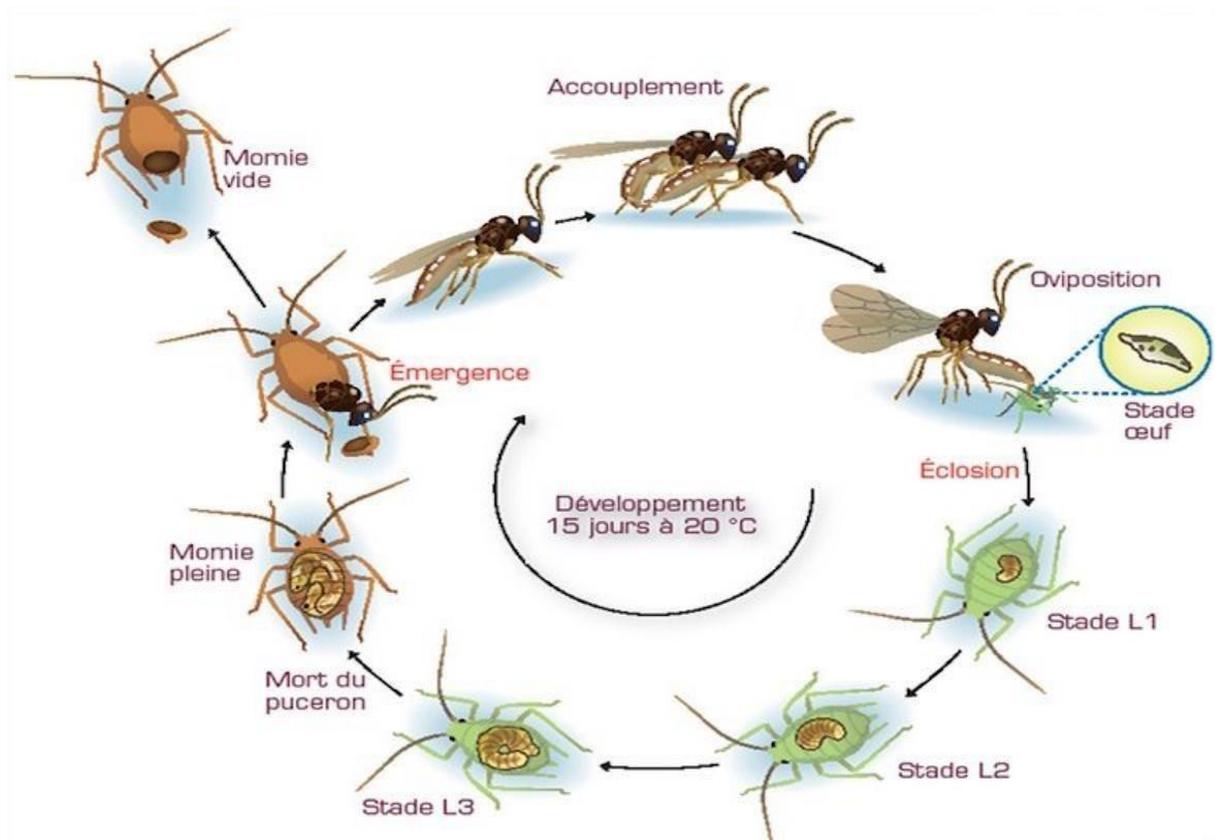


Figure 5: Cycle biologique d'un hyménoptère parasitoïde de pucerons (**Chaubet INRA encyclo'aphid**).

Une femelle parasitoïde peut ainsi parasiter plusieurs dizaines voire quelques centaines de pucerons. C'est pourquoi c'est un ennemi naturel particulièrement efficace contre ces insectes. (**Maurice., 2020**).

Partie Expérimentale

Partie Expérimentale

Rappel sur l'objectif de l'étude :

Le but de ce travail consiste à évaluer le pouvoir aphicide de l'huile essentielle de l'eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) et des extraits éthanoliques de la moutarde des champs (*Sinapis arvensis*) sur la mortalité du ravageur le puceron farineux et son ennemi naturel à travers les pucerons parasités ou momies.

1. Huile essentielle utilisée

1.1 Matériel végétal

Les feuilles de l'eucalyptus globuleux ont été récoltées au niveau de la région de Cherchell (Wilaya de de Tipaza, Fig. 6) aux coordonnées de Latitude : 36°36'31; Nord et de Longitude 2°11'50; Est, à une altitude de 26 m. La région de Cherchell est caractérisée par un climat méditerranéen avec un été chaud. Deux périodes de récolte ont été considérées ; durant le mois de septembre 2022 et durant le mois d'avril 2023.

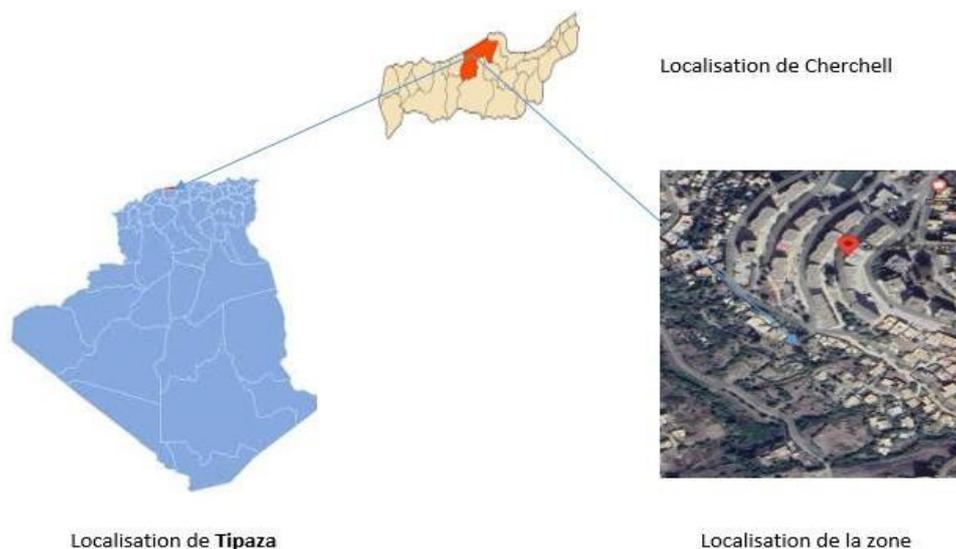


Figure 6: Localisation de la région d'échantillonnage.

Les feuilles de l'*E. globulus* (Fig. 7) ont été séchées à température ambiante et à l'abri de la lumière et de l'humidité afin de préserver au maximum l'intégrité des molécules puis découpées en petits fragments par la suite:



Figure 7: Séchage des feuilles d'eucalyptus (original)

1. 2. Extraction de l'huile essentielle

L'hydrodistillation est la méthode la plus simple et, la plus anciennement utilisée. Le principe consiste à porter à ébullition dans un ballon un mélange d'eau et de la biomasse végétale dont on souhaite extraire l'huile essentielle. Les cellules végétales éclatent et libèrent les molécules odorantes, lesquelles sont alors entraînées par la vapeur d'eau créée. Elles passent par un réfrigérant à eau où elles sont condensées, récupérées dans un récipient, puis séparées par différence de densité.

Cette technique d'extraction est réalisée grâce au montage Clevenger désigné par le nom de son inventeur Joseph Franklin Clevenger. Deux éléments le composent : un ballon et une pièce de verrerie modifiée (tube vertical combiné avec réfrigérant + burette à robinet en verre). Un tube de retour pour la partie aqueuse du distillat relie l'extrémité inférieure de la burette au tube vertical.

❖ **Procédé :** Le ballon contient 2000ml de l'eau et 200g de feuilles d'eucalyptus séchées que l'on fait bouillir. La vapeur monte dans le montage jusqu'au réfrigérant, et le condensat retombe dans la burette.

Début de l'opération : 11 :30

Apparition du rendement : 12 :07

Partie Expérimentale

L'huile flotte sur l'eau, qui est pour sa part progressivement renvoyée dans le ballon chauffé par le conduit en diagonale.

Après 01h 35min d'extraction, il est possible de mesurer directement dans la burette le volume d'huile recueilli.

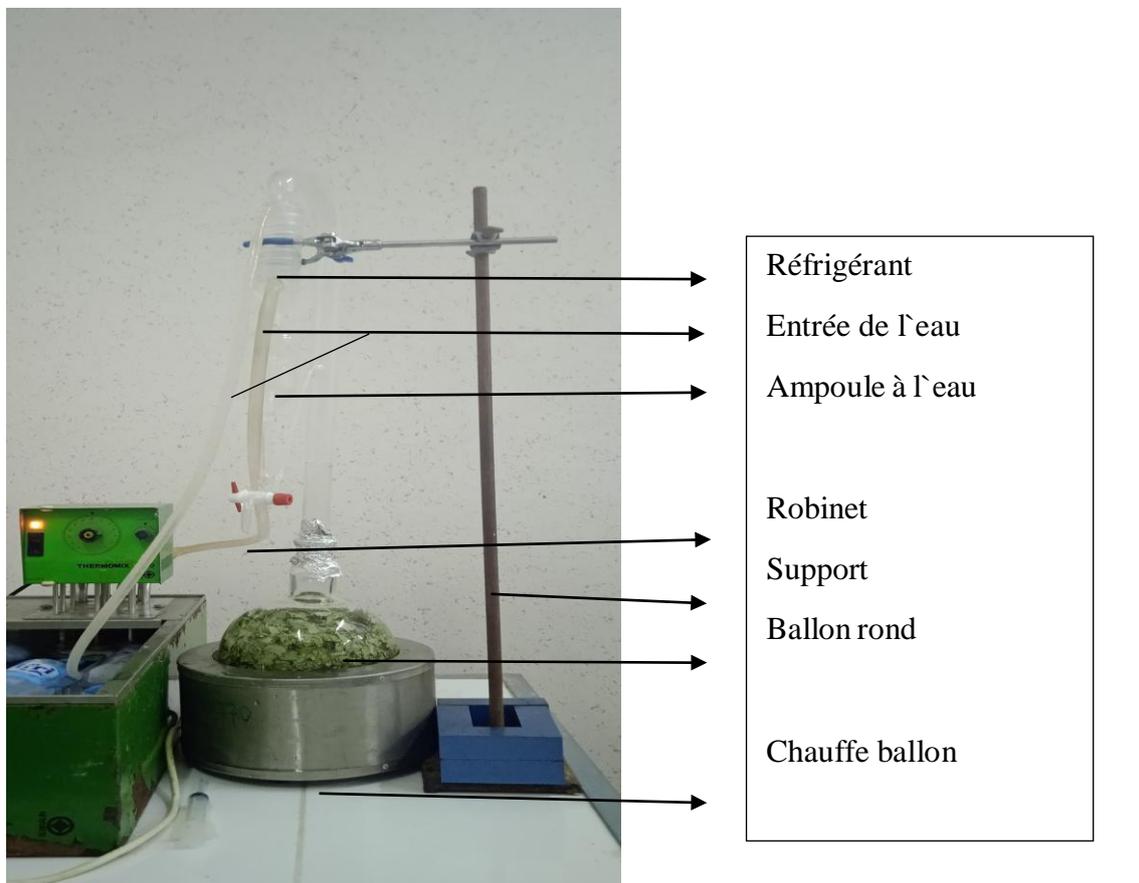


Figure 8: Montage de type Clevenger utilisé pour l'extraction des huiles essentielles (original).

La conservation des huiles essentielles exige certaines précautions indispensables. C'est pour cela nous les avons conservées à une température voisine de 4°C, dans des tubes eppendorf fermés hermétiquement avec du para film et du papier aluminium pour la préserver de l'air et de la lumière jusqu'à son utilisation ultérieure.

1.2.1 Le rendement d'huile essentielle :

Le rendement est la quantité maximale d'huile essentielle que donne une masse donnée de végétal pendant une période donnée. C'est le rapport entre la masse de l'huile essentielle obtenue sur la masse du matériel végétal utilisé (Kebisi, 2011).

Partie Expérimentale

On a calculé le rendement en utilisant la relation suivante :

$$R (\%) = \text{Masse(HE)} / \text{Masse (MV)} \times 100$$

- R (%) : Rendement en huile essentielle.
- Masse (HE) : masse de l'huile essentielle.
- Masse (MV) : masse du matériel végétal sec ou frais

2. Phytoextraits utilisés

2.1. Matériel végétal

L'échantillonnage de la moutarde a été réalisé dans la région de Ouled Yaich (Wilaya de Blida) où la température moyenne annuelle oscille autour 17.1 °C avec des quantités de pluie annuelles moyennes de l'ordre de 641 mm (www.accuweather.com). Les plants (partie aérienne) de l'espèce *Sinapis arvensis* ont été récoltés au niveau de parcelles mises en jachère au niveau du département des Biotechnologies et Agroécologie à l'Université de Blida-Saad Dahlab (Fig. 9), Avec une température ambiante et un climat humide.

Deux récoltes de la plante ont été effectuées respectivement en décembre 2022 et en avril 2023. Les plants récoltés sont mis à sécher puis broyés à l'aide d'un broyeur électrique puis les poudres végétales obtenues sont conservées dans des flacons en verre à température ambiante jusqu'à leur utilisation.

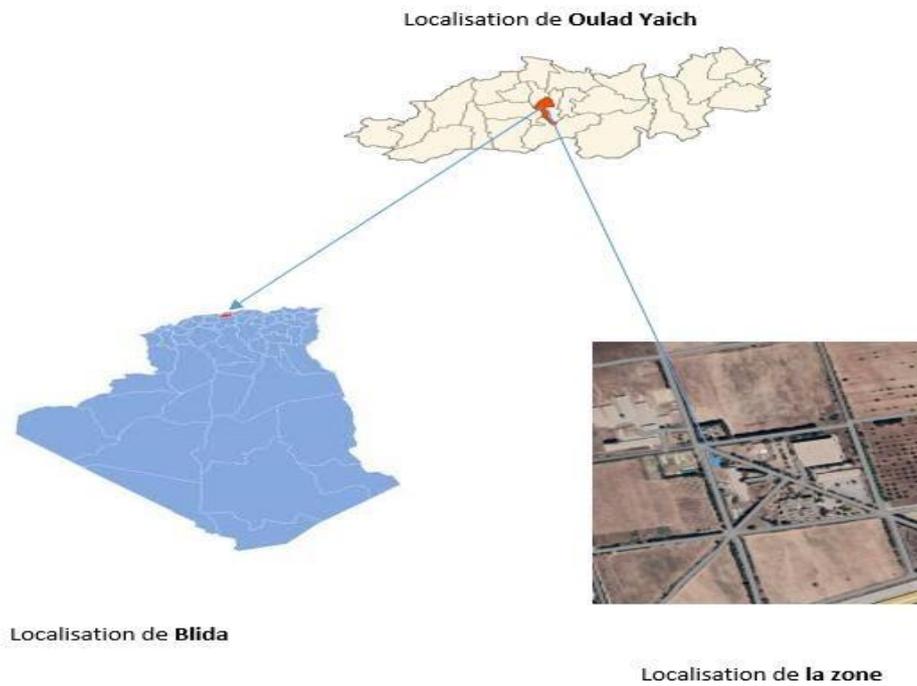


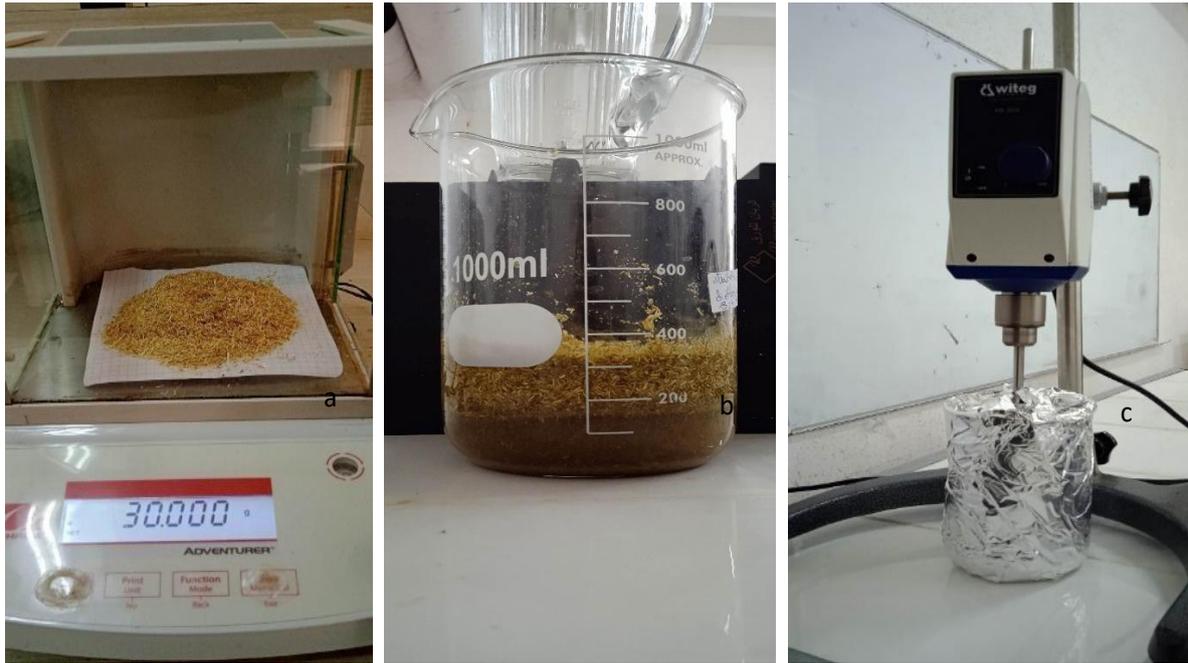
Figure 9: Localisation de la région d'échantillonnage de la moutarde

2.2. Technique d'extraction des extraits de *S. arvensis*

- *Extrait aqueux*

Nous avons utilisé la méthode de Bougandoura et Bendimerad (2012) modifiée. 30g de la poudre végétale de *S. Arvensis* est mise à macérer avec 300 ml d'eau distillée (Fig. 10), pendant 48h à température ambiante au laboratoire (environ 20°C)

Partie Expérimentale



a) Peser la masse végétale

b) ajouter de l'eau distillée.

c) agitation pendant 48h .

Figure 10: Etapes de l'extraction de l'extrait aqueux de *S. arvensis* par macération



Figure 11: Filtration du macérat (original)

Après 24 heures : l'ensemble est filtré sur du papier filtre afin de séparer le marc du filtrat.

-Extrait éthanolique

Nous avons procédé à la macération à froid en mélangeant 10g de poudre végétale de *S. arvensis* avec 100 ml d'éthanol à 96%. Après une période d'agitation de 2h à

Partie Expérimentale

l'abri de la lumière, les différents extraits obtenus ont été filtrés, à l'aide d'un papier filtre (Fig.12). Les solutions sont évaporés à l'aide d'un évaporateur rotatif et les résidus secs de la plante récupérés sont pesés puis conservés à 4 °C.



Figure 12: Filtration des extraits éthanoliques obtenus par macération à froid (original)

-Extraction par soxhlet :

Un ensemble soxhlet (Fig. 13) est constitué d'un ballon monocol, d'un réfrigérant et d'un extracteur. Ce dernier présente un système de tube permettant la vidange du réservoir dont le volume varie d'un modèle à l'autre. Le système doit être complété à l'aide d'une cartouche en cellulose, placée dans le réservoir, destinée à recevoir le composé à extraire.

20g de la poudre de *S. arvensis* est introduite dans une cartouche placée dans le Soxhlet surmonté d'un réfrigérant porté par un ballon contenant 80ml de solvant d'extraction qui est l'éthanol. En chauffant, le solvant s'évapore, se condense dans le réfrigérant, retombe dans l'extracteur, solubilise les principes actifs et retourne dans le ballon de récupération. L'opération est répétée plusieurs fois jusqu'à

Partie Expérimentale

épuisement total de la plante. (Épuisement pour 10 cycles à la fin l'extraction). Les extraits obtenus ont été évaporés à l'aide du Rota-vapeur pour éliminer le solvant.

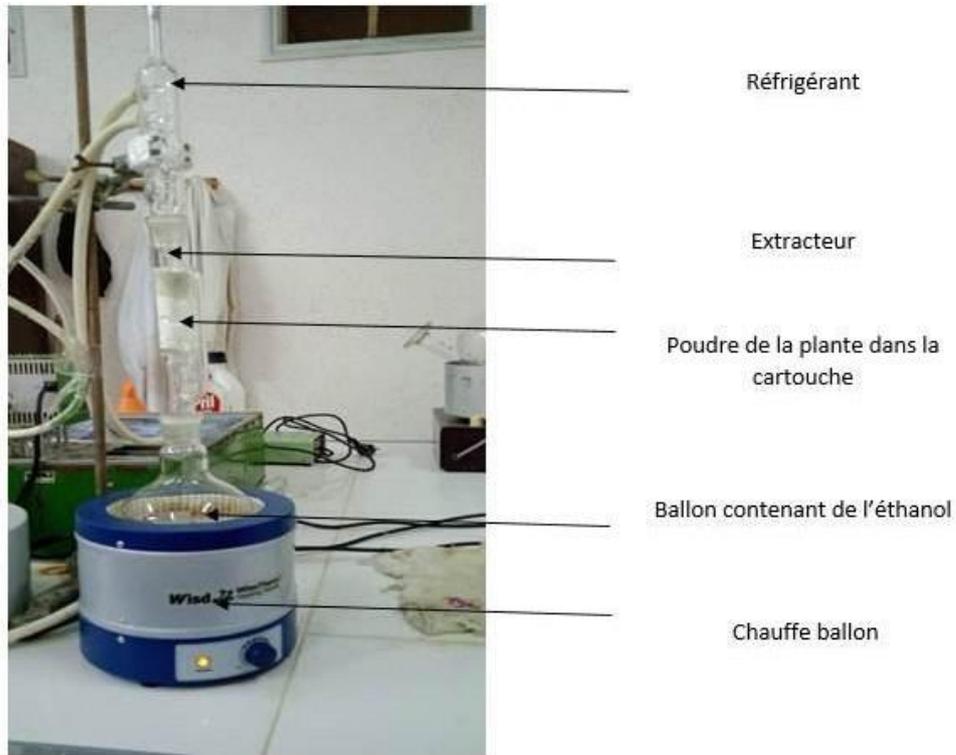


Figure 13: Extracteur de Soxhlet (Original).

L'évaporateur rotatif (Fig. 14) permet d'éliminer rapidement un solvant volatil par évaporation. Le principe est basé sur l'abaissement du point d'ébullition avec la diminution de la pression. Placer la solution contenant le solvant à évaporer dans le ballon 1 et le mettre ensuite sous rotation.

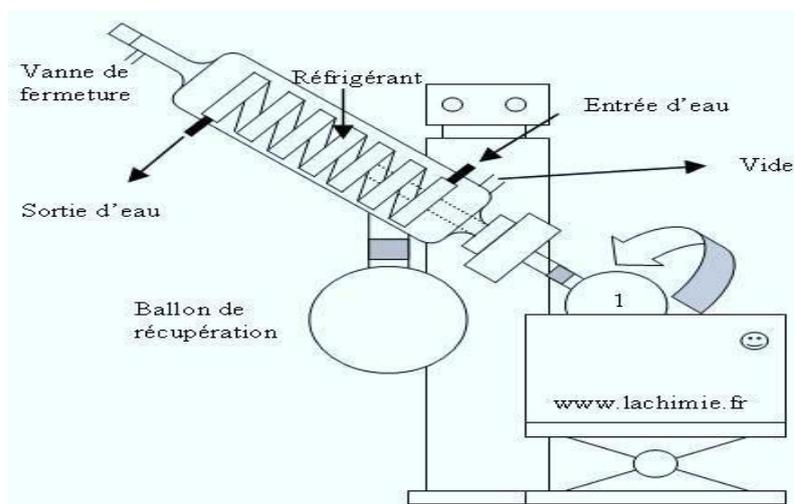


Figure 14: Schéma légendé d'un rota vapeur www.lachimie.fr

3. Matériel animal

Dans le présent travail, nous avons choisi comme modèle de ravageur cible les aphides représentés en l'occurrence par l'espèce *H. pruni*, le puceron farineux du prunier, pour sa disponibilité durant la période des essais de traitement à l'aide des phytoextraits étudiés.



Figure 15: Pucerons farineux du prunier (*Hyalopterus pruni*).

Les individus adultes de cet aphide ont été collectés à partir de feuilles infestées au niveau d'un verger d'abricotier non traité situé au niveau de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'Université de Blida.

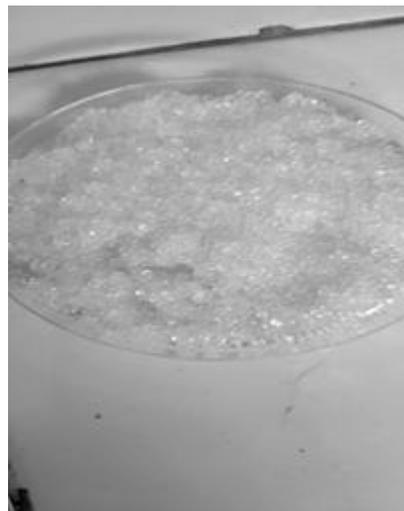
4 . Préparations des phytoformulats

Pour permettre une meilleure conservation et stabilité des phytopréparations pour les essais bioinsecticides, nous avons utilisé une technique de gélification à base d'un biopolymère afin d'obtenir des microcapsules ou microbilles qui seront diluées dans l'eau au moment de l'application des traitements. (Dr Ayachi, département de Pharmacie com. Pers)

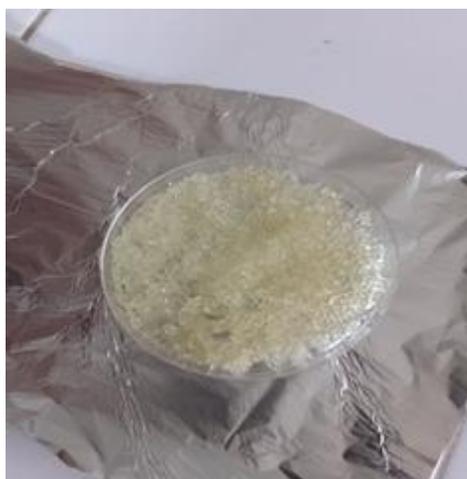
Dans une 1^e solution, on mélange dans un Becher 6g du biopolymère avec 300 ml d'eau distillée sous agitation pendant 1 heure pour homogénéiser le mélange. Dans une 2^e solution, on met 5g de sel de calcium avec 100 ml d'eau distillée dans un Bécher et en agitant également pendant 1 heure.

La formulation de l'huile essentielle d'*E. globulus* a été préparée à base d'un mélange de la solution du biopolymère et d'un tensioactif. L'obtention des particules sphériques contenant l'huile essentielle est faite en ajoutant quelques gouttes de la solution de sel de calcium préalablement préparée à la solution de l'huile essentielle d'*E. globulus* formulée. Les mêmes étapes sont considérées pour la préparation des solutions des extraits éthanoliques de *S. arvensis* obtenus par les deux méthodes d'extraction (macération à froid et soxhlet)

Les microparticules des phytoextraits des deux plantes sont récupérées à l'aide d'une fine passoire puis laissées sécher dans des boîtes de Pétri.



Microparticules contenant l'huile essentielle formulée d'*E. globulus* Décembre 2022 saison 1 (à gauche) Avril 2023 saison 2 (à droite)



Microparticules contenant l'extrait formulé de *S. arvensis* obtenu par macération, à froid



Microparticules contenant l'extrait formulé de *S. arvensis* obtenu par soxhlet

Figure 16: Aspect des microparticules contenant les différents phytoformulats testés

5. Préparation des doses et essais de traitements sur les aphides et les momies:

Nous avons préparé deux doses pour chaque phytoformulat (Fig. 17). Dans deux bécher, on met 50 ml d'eau distillée à une masse de microbilles pour obtenir respectivement la solution de traitement à la dose D1 et la solution de traitement à la dose D2.

Partie Expérimentale

Pour l'application des traitements biologiques, nous prélevons des feuilles de taille moyenne et indemnes de pucerons sur les arbres d'abricotier. Les feuilles sont rincées à l'eau distillée puis laissées sécher à la température ambiante du laboratoire pendant 10 min.

Les feuilles saines sont ensuite trempées pendant 5 secondes dans les solutions de chaque dose puis laissées sécher pour 2 à 3 min. Une fois sèches, elles sont déposées sur du coton imbibé d'eau distillée dans des boîtes de Pétri en plastique

Un total de 25 individus adultes du puceron *Hyalopterus pruini* sont prélevés de feuilles infestées d'abricotier puis déposés à l'aide d'un pinceau fin sur les feuilles saines préalablement trempées dans chaque solution respective des phytoextraits formulés. Puis chaque boîte est scellée avec du parafilm percé de quelques trous afin d'éviter la fuite des pucerons à partir des boîtes et permettre une aération suffisante pendant la durée d'observation.

Les mêmes étapes destinées aux observations des effets des phytoformulats sur les pucerons, sont réalisées sur les individus parasités. Les momies intactes au moment des essais ne présentaient pas de trous d'émergence des parasitoïdes

Partie Expérimentale



Figure 17: Trempage de feuilles saines dans les solutions de traitement à base des phytoformulats testés (D1 et D2).

Les momies sont prélevées des feuilles infestées en y découpant un fragment végétal supportant l'individu parasité. Pour l'application du traitement sur les momies et tenant compte de leur rareté et leurs indisponibilités en raison des températures élevées, une seule répétition avec 3 momies dans chaque boîte et un seul témoin pour tous les essais ont été considérés.

La durée d'observation s'est étalée sur 6 temps : 2h, 6h, 10h, 24h et 48h après application. Deux répétitions sont considérées par essai.

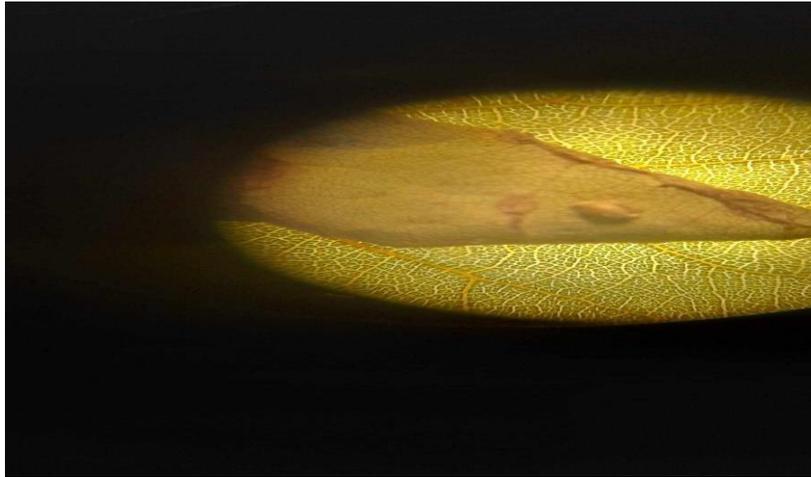


Figure 18: Trompage d'un puceron momifié

6. Mortalités des pucerons et des momies

Dans chaque essai, le nombre d'individus morts est comptabilisé pour les différents temps d'observation après traitement. L'effet des traitements biologiques à base des phytoformulats testés a été analysé à travers une analyse de variance dans la suite des programmes du logiciel XLSTAT version 2023 et le logiciel excel sous windows 10.

Dans cette étude, la variable dépendante correspond à la mortalité des individus dont la variabilité peut être expliquée par les facteurs temps (6 niveaux), doses (2 niveaux) et saison (relative aux deux périodes de récolte des plantes testées). Le facteur méthode d'extraction (Macération à froid et soxhlet) a été pris séparément pour chaque groupe. Le test pst hoc de Tukey a été considéré lorsque l'analyse de la variance a montré des différences significatives entre les mortalités des individus pour les différents traitements.

Résultat Et Discussion

Résultats Et Discussion

1. Caractéristiques organoleptiques de huiles essentielles d'*Eucalyptus globulus* des deux saisons :

1.1. Huile essentielle d'*E.globulus*:

L'huile essentielle extraite par hydrodistillation des feuilles d'*E.globulus* récoltées en septembre (saison 1) et en avril (saison 2) présentent d'après nos observations des propriétés organoleptiques similaires (Tableau 2).

Tableau 2: Les propriétés organoleptiques de l'huile essentielle d'*E. globulus*

E. globulus	Couleur	Aspect	Odeur
Saison 1	Jaune très pâle	Liquide	Fraîche et épicée
Saison 2	Jaune	liquide	Odeur puissante

1.2. Extrait aqueux de *S.arvensis*:

Les propriétés organoleptiques de l'extrait aqueux de la moutarde des champs sont également similaires quelque soit la saison de récolte (Tableau 3).

Tableau 3: Les propriétés organoleptiques de l'extrait aqueux de *Sinapis arvensis*

	Macération			Soxhlet		
	Couleur	Aspect	Odeur	Couleur	Aspect	Odeur
Saison 1	Jaune orangé	Liquide	Très désagréable	Vert clair	Liquide	Très désagréable
Saison 2	Jaune orangé	Liquide	Supportable	Vert clair	Liquide	Très désagréable

- Le rendement de l'huile essentielle de la saison 2 est plus grand par rapport à celui de la saison 1.

2. Rendements des phytoextraits étudiés

Différents travaux signalent que le rendement d'extraction de l'huile essentielle d'*Eucalyptus* est proportionnel à la durée de l'hydrodistillation. Dans notre cas, l'extraction a été réalisée pendant 2 heures, avec trois répétitions. On remarque que le rendement en huile obtenu pour les feuilles récoltées en avril est plus élevé (1,5ml/g MS) que celui obtenu pour l'huile essentielle extraite des feuilles récoltées en septembre (Tableau 4).

Résultats Et Discussion

Les rendements en extraits de la moutarde sont par contre très proches, avec des valeurs respectives identiques pour les deux périodes de récolte quelque soit la méthode d'extraction. On observe néanmoins un rendement légèrement inférieur pour l'extrait obtenu par Soxhlet pour les plants récoltés à la 2^e saison (0,219%) (Tableau 4).

Tableau 4: Rendement en huile essentielle d'*E. globulus* en extrait aqueux de *Sinapis arvensis* obtenus par macération et Soxhlet

Phytoextraits/Saison	Saison 1	Saison 2
HEE. <i>globulus</i>	0,6ml/gMS	1,5ml/gMS
<i>S.arvensis</i> macérat à froid	0.885 %	0.88 %
<i>S.arvensis</i> Soxhlet	0.3 %	0.219 %

calculs	Macération		Soxhlet	
	Solution initiale	Rendement	Solution initiale	Le rendement
Saison 1 (décembre)	200ml éthanol (96%)+20g	158ml	160ml éthanol (96%)+40g	98ml
Saison 2 (Avril)	200ml éthanol (96%)+20g	105ml	160ml éthanol (96%)+40g	70 ml

3. Evaluation de la toxicité d'huile d'*E. globulus* sur le puceron du prunier :

Les dénombrements des individus vivants et morts pendant la durée de l'exposition aux bioproduits ont permis de réaliser des observations d'individus morts à la loupe binoculaire (Fig. 19).

3.1 Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle formulée d'*E. globulus*

3.1.1 Effet selon les doses

La figure 19 montre l'évolution des populations résiduelles du puceron *H. pru i* pendant une durée allant de 2h à 24 heures sous l'effet de l'huile formulée de *Eucalyptus globulus*.

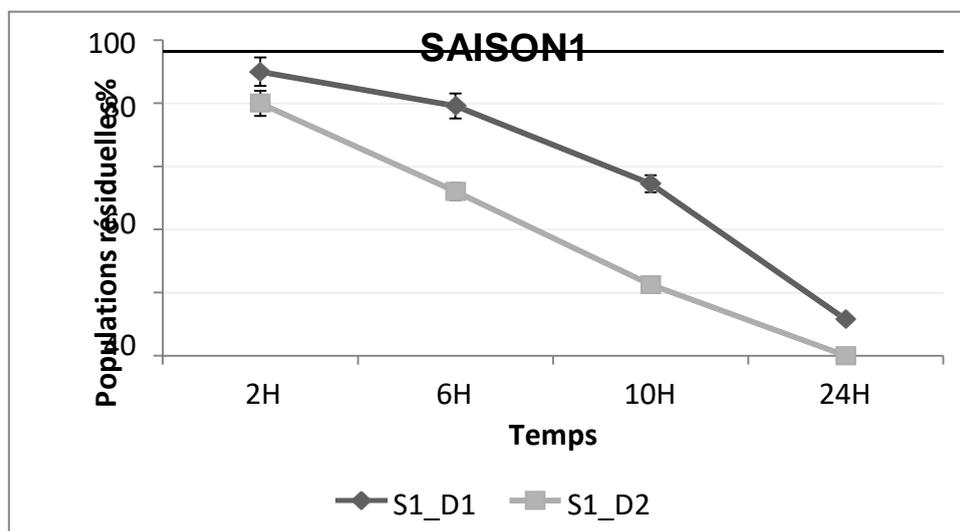
On remarque que les populations vivantes du puceron semblent plus affectées par l'effet de l'*Eucalyptus* récolté pendant la 1^e saison.

En effet, la toxicité de l'huile est graduelle et devient élevée au bout de 10h après le début de l'essai notamment avec la dose 2 (0,23g+50ml).

Résultats Et Discussion



Figure 19: Observations des mortalités des pucerons après application des phytoformulats grossissement : 10×40



Résultats Et Discussion

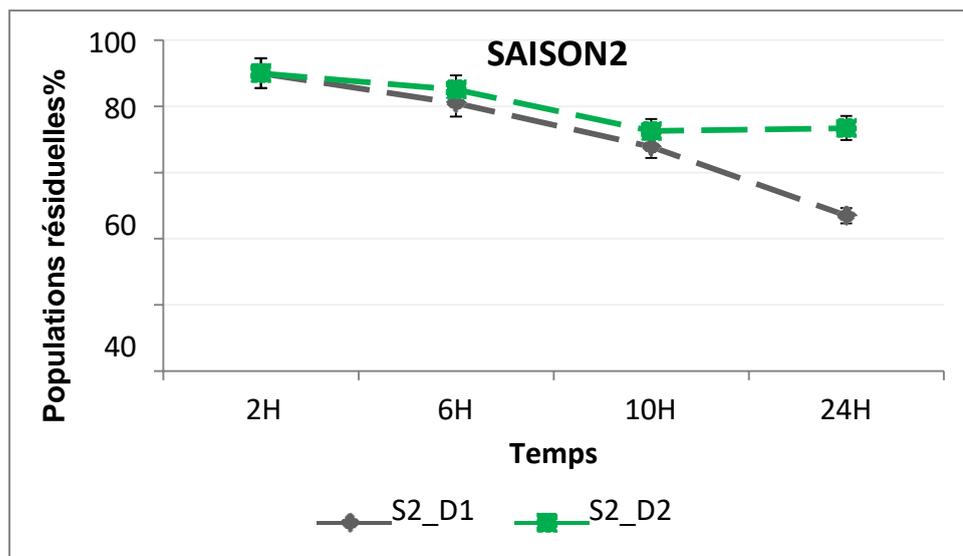
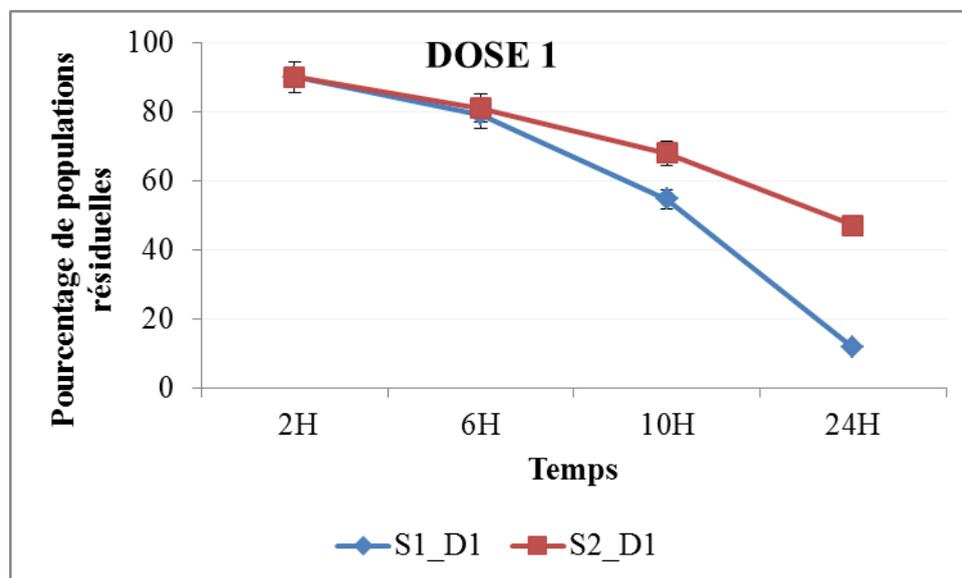


Figure 20: Variation des pourcentages de populations résiduelles de *H. pruni* après application de l'huile essentielle d'*E. globulus* formulée selon la période de récolte.

L'huile formulée obtenue des feuilles récoltées au printemps présente une toxicité moyenne à faible jusqu'à la fin de l'essai (fig. 20).

3.1.2 Effet de la période de récolte :

L'effet dose se démarque pour la 1^{ère} dose 1 (0,59 g + 50ml d'eau) de l'huile essentielle formulée des feuilles récoltées à la 1^{ère} saison notamment. Alors que la 2^{ème} dose ne semble pas avoir un effet sur les pucerons (fig. 21).



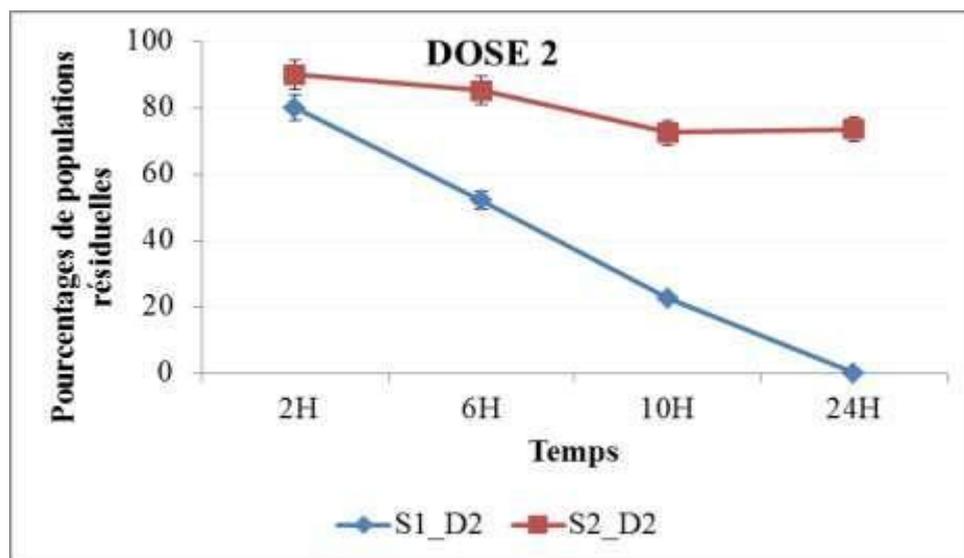


Figure 21: Variation des pourcentages de populations résiduelles de *H. pruni* selon les doses appliquées de l'huile essentielle d'*E.globulus* formulée.

4. Analyse de la toxicité de l'huile essentielle d'*E.globulus* formulée

On peut expliquer la toxicité globale de l'huile essentielle d'*E. globulus* soit dans le temps ou bien selon la dose utilisée en tenant compte de la saison de récolte (fig. 22).

4.1 Toxicité globale de l'HE

L'effet du bioproduit formulé s'accroît dans le temps (fig.21). Le pourcentage des populations résiduelles diminue avec l'augmentation de la toxicité de l'huile, notamment entre 10h et 24h. Entre 2h et 10h d'exposition, nous n'avons pas observé

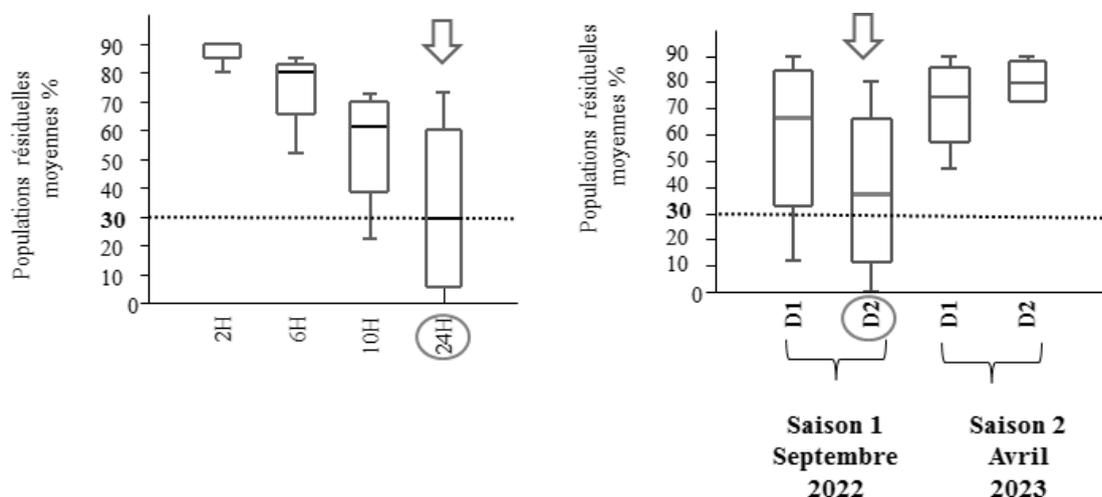


Figure 22: Variabilité moyenne des populations résiduelles du puceron *H. pruni* sous l'effet des doses de l'huile essentielle formulée d'*E. globulus*.

Résultats Et Discussion

d'effet toxique.

Nous remarquons que l'huile essentielle d'eucalyptus récolté en septembre est plus influente sur les pucerons. Les moyennes de pourcentages des populations résiduelles sont proches de 30% avec la dose D2 de l'huile en comparaison avec la dose D1 et avec les mêmes doses utilisées pour l'huile extraite de la 2^e saison qui se caractérisent par un effet neutre (fig.21).

4.2 Analyse de la variance

Les résultats de l'ANOVA révèlent une différence très hautement significative entre les saisons (F ratio= 1,33,22,P=0), les temps d'exposition au bioproduit (Fratio=3,25,55,P=0).

Les moyennes des pourcentages de PR sont significativement différents selon les interactions saison*temps, et saison*dose (Tableau 5 et figure 22). Cette analyse confirme les observations précédemment mentionnées.

Tableau 5: Résultats de l'analyse de la variance de l'effet des facteurs et leurs interactions sur les populations résiduelles du puceron *H. pruni* (Systat vers. 12).

Source	Type III SS	df	Mean Squares	F-ratio	p-value
SAISON	5899,695	1	5899,695	33,220	0,000
TEMPS	13616,523	3	4538,841	25,557	0,000
DOSE	257,078	1	257,078	1,448	0,246
SAISON*TEMPS	2704,141	3	901,380	5,075	0,012
SAISON*DOSE	1677,653	1	1677,653	9,446	0,007
TEMPS*DOSE	541,818	3	180,606	1,017	0,411
SAISON*TEMPS*DOSE	252,613	3	84,204	0,474	0,705
Erreur	2841,525	16	177,595		

La figure 23 montre que les doses testées induisent une toxicité moyenne sur les populations des pucerons. Cependant elles ont un effet similaire (P= 0,24, >5%). L'huile d'eucalyptus de la saison 1 est plus efficace car elle manifeste une toxicité plus élevée donc un meilleur effet biocide que celui constaté pour l'huile de la saison 2. Enfin, le facteur temps est la variable qui explique le mieux la variabilité des PR.

Résultats Et Discussion

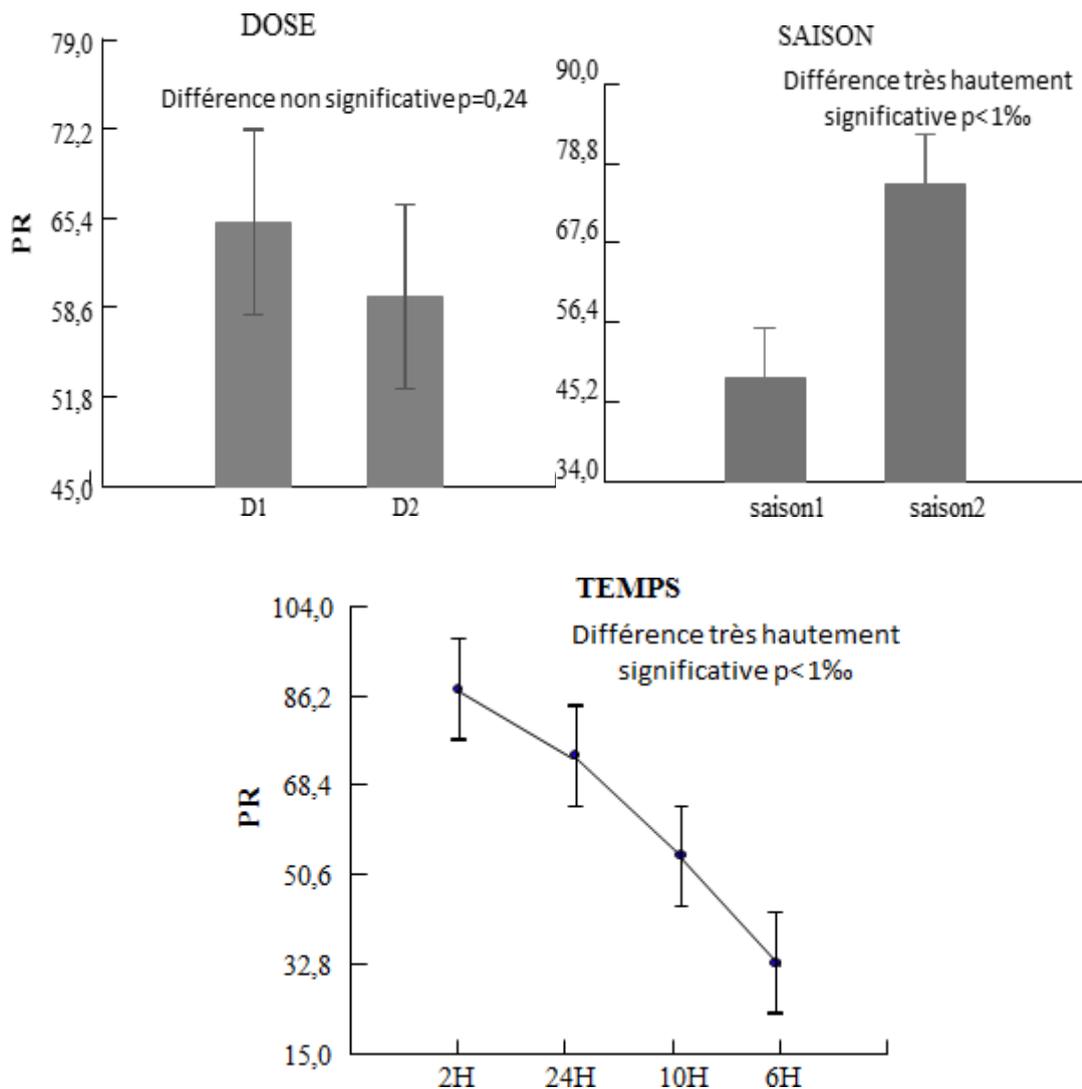


Figure 23: Effets des facteurs dose, saison et temps sur la toxicité de l'huile d'eucalyptus testée et la variation du pourcentage des populations résiduelles.

5. Evaluation de la toxicité des extraits formulés de *S.arvensis* :

5.1 Effet des doses de l'extrait formulé selon la technique d'extraction

Nous avons présenté dans la figure 23 l'effet conjugué des deux doses testées (respectivement D1=0,6g+50ml H₂O et D2= 0,3g+50ml H₂O) sur les populations résiduelles de *H.pruni* pour une saison donnée. L'extrait formulé de *S.arvensis* est obtenu par soxhlet

Résultats Et Discussion

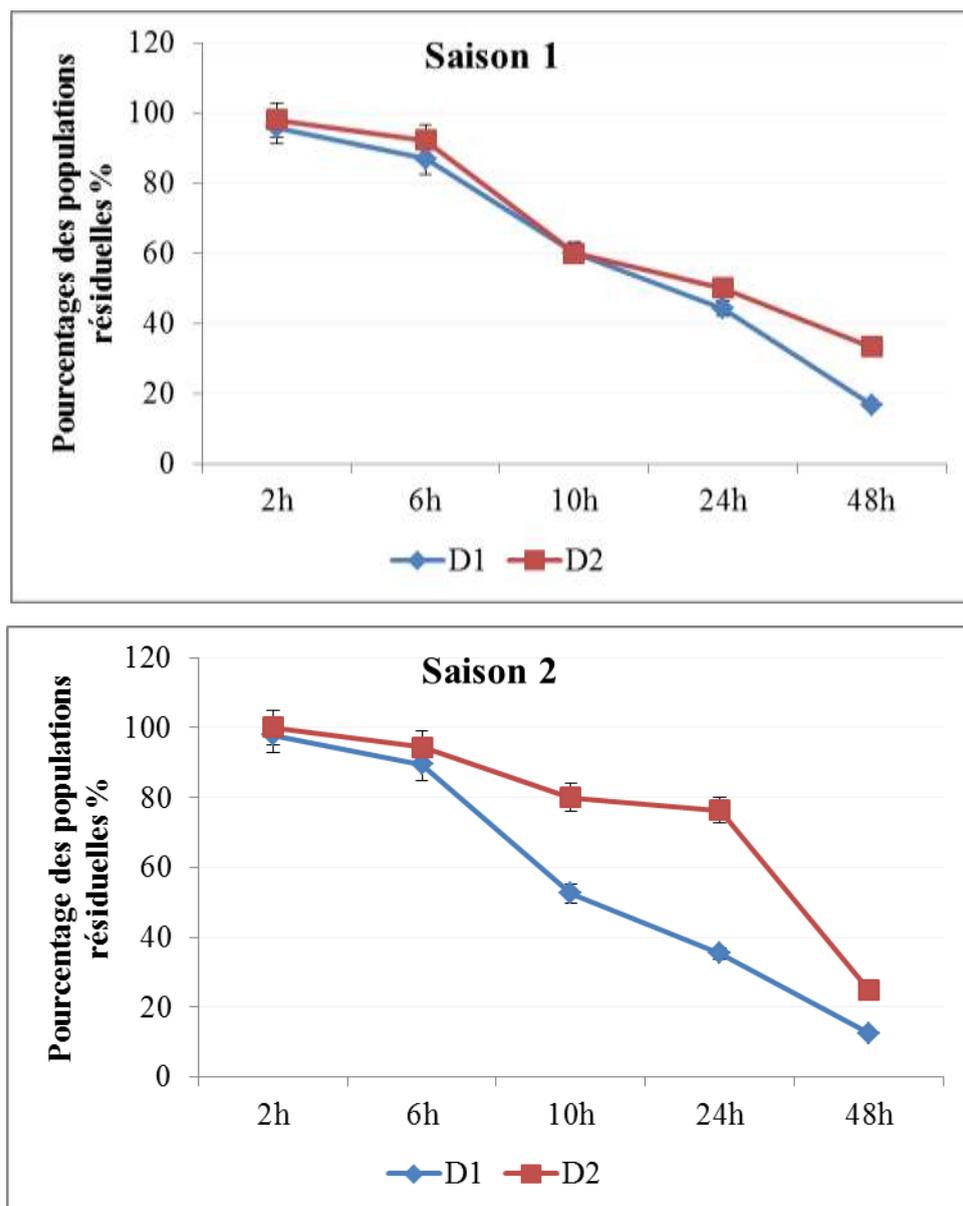


Figure 24: Effets comparés des doses de l'extrait formulé de *S.arvensis* obtenu par extracteur soxhlet.

L'extrait formulé de la saison 1 a agi avec les deux doses de manière similaire. On assiste à la diminution des formes mobiles du puceron après 10h d'exposition au traitement. En parallèle, la toxicité augmente à 24h, et elle atteint un maximum à 48h (Fig. 24).

En ce qui concerne l'extrait formulé de *S. arvensis* récolté pendant la saison 2 (mois d'avril), la dose 1(0,6g/50ml H₂O) semble plus efficace que la dose 2(0,3g/50ml H₂O)(Fig. 24).

En ce qui concerne l'extrait formulé obtenu par macération, on distingue une même allure des courbes de l'effet des deux doses pour les deux saisons (Fig. 25). Contrairement à ce qui est remarqué pour le cas de l'extrait formulé obtenu par soxhlet, les pourcentages de populations résiduelles des pucerons restent élevés et ils ne diminuent qu'à 24h où la toxicité du bioproduit devient moyenne.

Résultats Et Discussion

L'extrait provenant de la plante récoltée à la saison 2 paraît moins efficace que celui récolté à la saison 1 (Fig. 25). On peut voir pour le même temps 10 heures après application des bioproduits, la toxicité est moyenne concernant l'extrait de la saison 1 mais il est neutre pour l'extrait provenant de la 2^e saison.

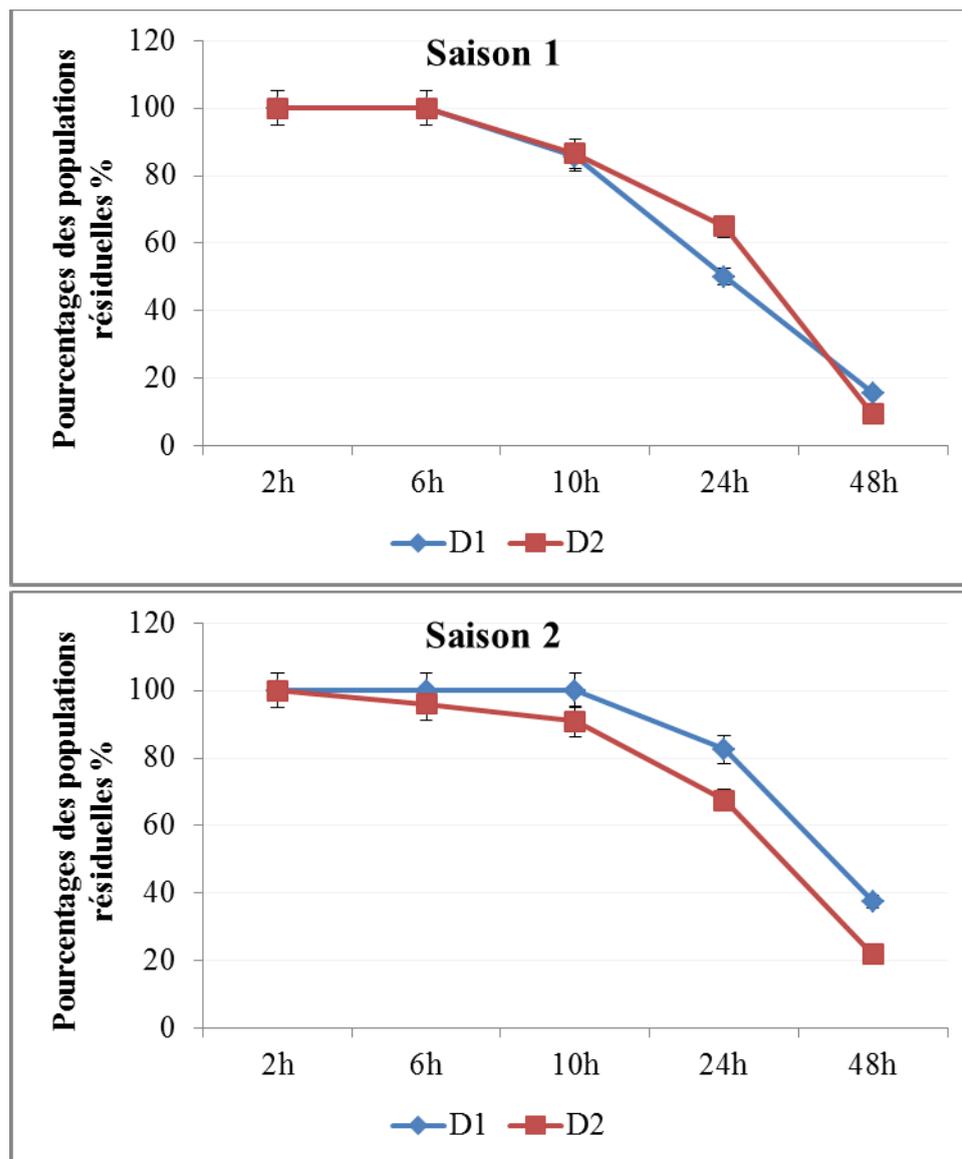


Figure 25: Effets comparés des doses de l'extrait formulé de *S.arvensis* obtenu par ma cération à froid.

5.2 Evaluation de la toxicité des phytoformulats de *S.arvensis* sur le puceron *H.pruni*

Les moyennes des PR en tant que variable dépendante ont fait l'objet d'une analyse de variance pour appréhender l'effet des facteurs saison de récolte, dose testée, le temps, et la technique d'extraction sur sa variabilité.

Résultats Et Discussion

Contrairement à ce qui a été observée avec l'effet de l'huile essentielle de *E.globulus* formulée, il n'y a pas de différence significative entre l'effet des saisons ($p=0,84$, Tab.6).

Il ressort de l'analyse de la variance (Tableau 6), que la variable explicative 'temps' est la plus influente avec une différence très hautement significative. Les différents extraits formulés testés semblent présenter un effet biocide dès 10h qui a tendance à augmenter rapidement pour atteindre une toxicité maximale à 24h (Fig. 26). La technique d'extraction semble également jouer un rôle dans l'effet des extraits formulés. Nous avons testé l'effet des extraits aqueux, néanmoins le nombre de formes mobiles restait toujours élevé.

L'extraction par soxhlet paraît plus intéressante que l'extraction par macération. L'extrait obtenu à l'aide de l'extracteur soxhlet induit un meilleur effet biocide et une toxicité moyenne à toxique (Tab.6, Fig.26, $P=0,05$)

Tableau 6: Résultats De la comparaison des moyennes des populations résiduelles de *H.pruni*

Source	TypeIII SS	df	Mean	Squares	F-ratio p-value
EXTRAIT	586,390	1	586,390	3,995	0,052
SAISON	5,968	1	5,968	0,041	0,841
TEMPS	63037,138	4	15759,285	107,358	0,000
DOSE	1694,548	1	1694,548	11,544	0,002
EXTRAIT*SAISON	89,994	1	89,994	0,613	0,438
EXTRAIT*TEMPS	615,929	4	153,982	1,049	0,394
EXTRAIT*DOSE	135,694	1	135,694	0,924	0,342
SAISON*TEMPS	1988,554	4	497,138	3,387	0,018
SAISON*DOSE	548,890	1	548,890	3,739	0,060
TEMPS*DOSE	2445,766	4	611,441	4,165	0,007
EXTRAIT*SAISON* *TEMPS	2753,347	4	688,337	4,689	0,003
EXTRAIT*SAISON* *DOSE	7,051	1	7,051	0,048	0,828
EXTRAIT*TEMPS* *DOSE	2156,217	4	539,054	3,672	0,012
SAISON*TEMPS* *DOSE	2951,345	4	737,836	5,026	0,002
EXTRAIT*SAISON*TEMPS* *DOSE	2040,349	4	510,087	3,475	0,016
Erreur	5871,670	40	146,792		

Résultats Et Discussion

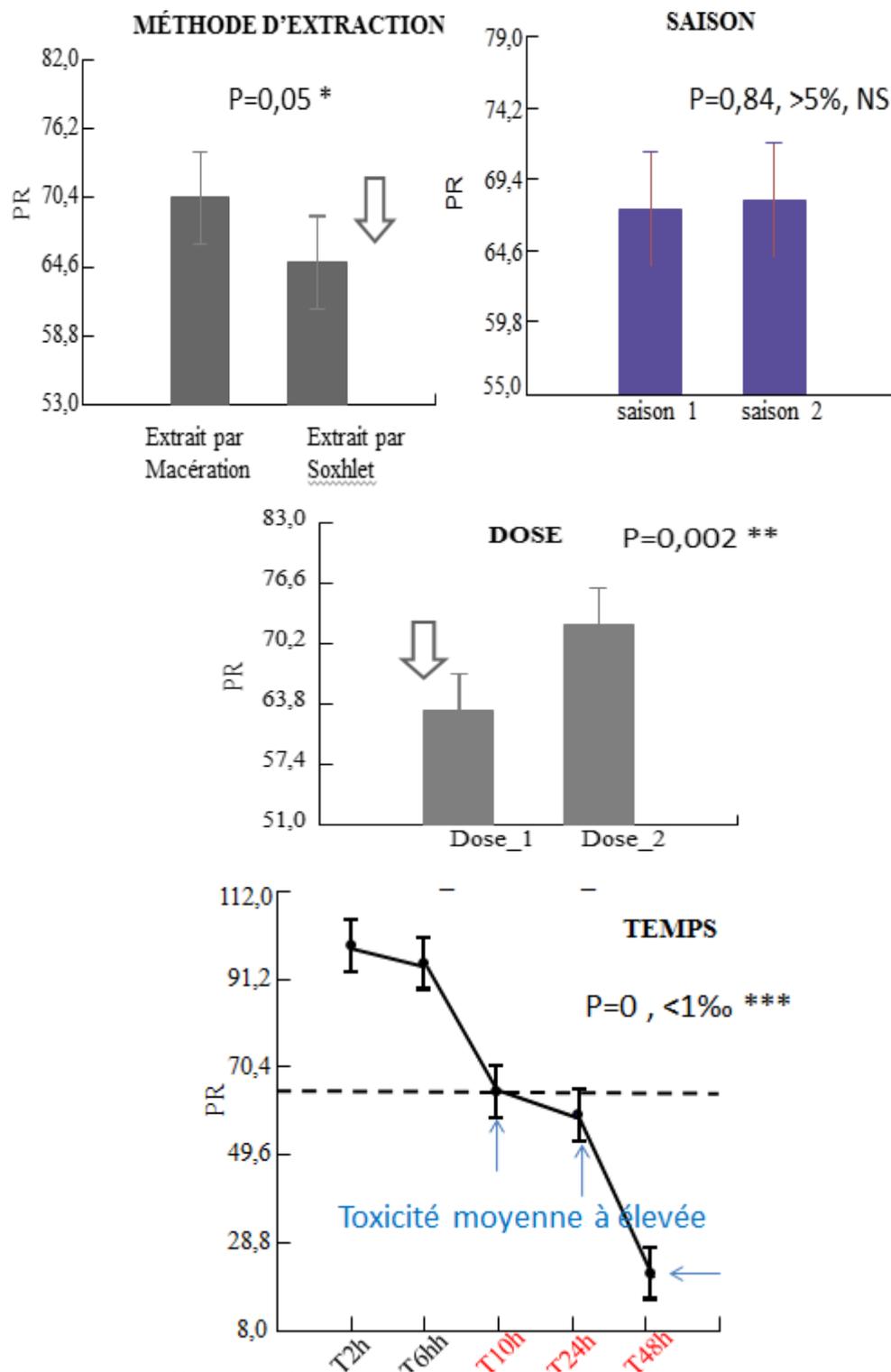


Figure 26: Effets des facteurs dose, saison et temps sur la toxicité des phytoformulats de *S.arvensis* testée et la variation du pourcentage des populations résiduelles.

6. Discussion générale :

Les plantes synthétisent plusieurs substances du métabolisme secondaire. Ces molécules peuvent avoir différents effets chez les insectes: répulsif, attractif, perturbateur du développement, inhibiteur de la reproduction, etc... (Kasmi et al., 2017 ; Costa et al., 2015). Leur toxicité peut être directe ou indirecte sur des organes cibles comme par exemple le système nerveux et les glandes endocrines.

Les effets des molécules bioactives peuvent varier en fonction des plantes, de la molécule elle-même, de la dose utilisée, de la fréquence du traitement. L'effet des huiles essentielles sur les insectes n'est pas systématique. Les réponses peuvent varier suivant l'espèce d'insecte et d'huile essentielle. En effet, chaque plante présente des propriétés insecticides qui diffèrent en fonction de la composition biochimique.

Différents travaux se sont intéressés à la valorisation des huiles essentielles en tant que bio insecticides (Regnaut Roger, 2008 ; Habbachi et al., 2013 ; Aouati et Berchi, 2015). Selon Isman (2001) et Chiasson et Beloin (2007), les huiles essentielles de nombreuses plantes, agissent directement sur la cuticule des insectes à corps mou tel que les Thrips, les Pucerons, les Aleurodes et certains acariens. La nature lipophile de l'huile essentielle peut dégrader la couche cireuse à un niveau de la cuticule et des trachées causant des pertes puis une asphyxie.

Dans le présent travail, nous avons étudié l'effet bioinsecticide, de deux phytoextraits bioformulés: l'huile essentielle de *Eucalyptus globulus* et l'extrait éthanolique de la moutarde des champs sur les populations du puceron du prunier *H. pruni*. Nos résultats ont montré des effets très disparates sur les pucerons entre les deux plantes. Les extraits de la moutarde possèdent moins d'efficacité contre le puceron vert par rapport à l'huile essentielle d'eucalyptus. Les pourcentages de populations résiduelles de *H. pruni* augmentent proportionnellement avec l'augmentation de la dose et le temps d'exposition. Néanmoins, les différences de toxicités enregistrées entre les différentes doses s'expliquent par le fait que les dilutions font diminuer dans la plupart des cas la capacité insecticide du traitement.

Résultats Et Discussion

Nos résultats obtenus dans cette étude corroborent avec ceux obtenus par plusieurs auteurs qui ont mis en évidence l'activité biologique d'une multitude d'extraits de plantes à l'égard des pucerons.(Djerourou et Habouchi, 2018)

L'effet biocide de l'huile essentielle peut-être expliqué par les différents constituants de l'huile et leurs concentrations (Ebrahimi*et al.*,2013),en relation avec des facteurs écologiques, génétiques ainsi que le stade de développement de la plante et du ravageur (Batishet *al.*, 2008 ; Harizia *et al.* 2020).

Ainsi, l'efficacité des huiles essentielles des eucalyptus et du gommier bleu : *Eucalyptus globulus* a été mentionnée dans la littérature (Attia *et al.*, 2016). El Guili *et al.* (2009) ont obtenu des mortalités de 95%; 80% et 65%, aux doses de 1%; 0.5% et 0.25% respectivement sur les adultes de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata*.

Sous l'effet de l'huile essentielle d'Eucalyptus grandis, au bout d'un jour d'exposition seulement, court terme, selon ces mêmes auteurs, la concentration de 1% serait idéale pour combattre les adultes du ravageur avant leur maturité sexuelle..

Selon les espèces d'autres Eucalyptus, la toxicité peut se révéler similaire mais se manifester au contraire plus tardivement comme c'est le cas de l'effet comparé d'*Eucalyptus* sp et d'*Eucalyptus camaldulensis* sur les populations du puceron vert des agrumes *Aphis spiracola* .Ainsi, l'huile essentielle d'*E. camaldulensis* est plus toxique et agit tardivement par rapport à l'huile essentielle d'*Eucalyptus* sp, (Dikhai, 2013). Par ailleurs, d'autres expériences menées sur le même aphide par Mardoud(2013), ont montré que les différentes formulations d'*Eucalyptus camaldulensis* agissent sur une diminutions en cible des abondances ainsi qu'une perturbation de la structure des populations des différentes formes biologiques, notamment avec l'huile essentielle de la plante prélevée en zone côtière devant celles de la plante récoltée en altitude et en région sublittoral.

Trombetta *et al.*, (2002), Satrani, (2008) expliquent que l'activité insecticide pourrait être reattribuée à l'effet des composés majoritaires, notamment les constituants phénoliques. Les huiles essentielles des plantes ont toutes une particularité commune: elles sont riches en composés phénoliques monoterpène comme l'eucalyptol, l'eugénol, le thymol et le Carvacrol. L'huile essentielle

Résultats Et Discussion

Eucalyptus globulus contient majoritairement le 1,8-cinéole ou le calyptol (environ 60%) et plus de 25 composés de nature terpénique dont le pinène, l'aromadendène, le globulol, ainsi que l'limonène, l'*l*-*ep*-cymène, le lédol, l'acétate d'isoamyle, etc.

Le produit synergique formulé (Carvacrol /Thymol) a exprimé un effet toxique plus élevé en le comparant au Carvacrol et au Thymol appliqués seuls sur aleurodes des agrumes *Dialeurodes citri* Ashmead Khaoui (2012).

Concernant, l'effet des phytoextraits testés sur les pucerons momifiés, nos observations indiquent qu'il n'y a pas eu d'émergence jusqu'à 48h après trempage des momies. Cependant, il est à noter qu'après un mois, nous avons enregistré deux adultes de parasitoïdes émergés respectivement au niveau des essais avec l'extrait bioformulé de *S. arvensis* obtenu par Soxhlet récolté en décembre et avec l'essai avec l'huile essentielle d'*E.globulus* récoltée en septembre. D'après Tremblay (2006), certains individus traités ne sont pas tous infectés par le produit de traitement.

Conclusion

Conclusion

Conclusion

La problématique de l'étude était stimulante et a permis à faire valider des connaissances théoriques variées sous l'objet d'utilisation d'extrait végétal (huile essentiel ou extrait aqueux) pour lutte contre les ravageurs des cultures fruitières est leurs effets sur les ennemies naturels.

L'efficacité des traitements dépende des concentrations du produit et du temps d'exposition bien qu'en revanche le stade de développement du ravageur pourrait être un facteur sur ce point.

Les paramètres de l'analyse statistique ont révélé que le choix de la saison n'est pas significatif pour le traitement.

Ce travail s'inscrit dans l'amélioration des plantes, car il résoudre la pénibilité de lutter contre un insecte ravageur efficacement, il diminue le nombre d'individus, tout en étant naturel Il est donc nécessaire de s'orienter vers des solutions alternatives appuyées sur l'exploitation des ressources naturelles, à propriétés insecticides.

Pour la moutarde l'extrait formulé obtenu par soxhlet a donné un meilleur effet que l'extrait formulé obtenu par la macération à froid tandis que l'huile essentiel de l'eucalyptus globulus est meilleur entre

L'activité insecticide d'Eucalyptus globulus et de sinapis arvensis peut constituer une étude préliminaire sur la recherche de nouvelles molécules bioactives à intérêt pesticide.

Le traitement par contact est considéré comme bonne application du produit mais d'autres moyens restent toujours convenables à essayer.

Bibliographie

Bibliographie

Liste des références :

Abdeldjalil A.C., 2014- *Quelques aspects germinatifs, rhizogéniques et écologiques chez Sinapis arvensis L. dans la région de Tlemcen*. Mém. Master, Ecologie et Environnement., Univ. Tlemcen, Algérie, 08 p. Disponible sur : < <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/6378/1/chahra.pdf> > (Consulté le 02.09.2023)

Adouani L., Merghadi I.,2021- *Étude des activités biologiques des extraits et l'huile essentielle d'eucalyptus globulus*. Thèse. Master. Univ. Larbi Ben Mhidi d'Oum el Bouaghi Algérie. 10p.

Adouani L., Merghadi I.,2021- *Étude des activités biologiques des extraits et l'huile essentielle d'eucalyptus globulus*. Thèse. Master. Univ. Larbi Ben Mhidi d'Oum el Bouaghi Algérie. Benoufella-kitous K (2005). Les pucerons des agrumes et leurs ennemis naturels à Oued-Aïssi (Tizi-Ouzou).Thèse de Magister .Institut National Agronomique d'El Harrach .Algérie.

Anonyme ., www.conservation-nature.fr [en ligne]. Disponible sur : < <https://www.conservation-nature.fr/plantes/brassicaceae/> > (Consulté le 02.09.2023)

Anonyme ., www.herbea.org. [en ligne]. Disponible sur : < <https://www.herbea.org/fiches/203/Parasito%C3%AFde-de-puceron> >. (Consulté le 08.09.2023).

Anonyme ., www.iriisphytoprotection.com [en ligne].Disponible sur : < <https://www.iriisphytoprotection.qc.ca/Fiche/MauvaiseHerbe?imageId=6224> > (Consulté le 04.09.2023).

Anonyme ., Www.monde-vegetal.fr. 2021 - [en ligne]. Disponible sur : < <https://mondevegetal.fr/blogs/blog/moutarde-des-champs> > (Consulté le 04.09.2023)

Anonyme ., 2015- Eucalyptus., www.passeportsante.com [En ligne]. Disponible sur : < https://www.passeportsante.net/fr/Solutions/PlantesSupplements/Fiche.aspx?doc=eucalyptus_ps .(Consulté le 4.09.2023)

Anonyme ., www.passerelleco.info. 2021 - [en ligne]. Disponible sur : < https://www.passerelleco.info/article.php?id_article=2422 > (Consulté le 08.09.2023)

Boyer L et Vachon-Laberge F., 2019- *Cultures de couverture pour contrôler les mauvaises herbes en champs : perspectives pour le Québec*. Présentation générale de l'espèce, . [en ligne]. Disponible sur : <

Bibliographie

https://www.agrireseau.net/documents/Document_101830.pdf > (Consulté le 04.09.2023)

Boyer L et Vachon-Laberge F., 2019- *Cultures de couverture pour contrôler les mauvaises herbes en champs : perspectives pour le Québec*. Effet herbicide, pp ou: 19-20. [en ligne]. Disponible sur : <

https://www.agrireseau.net/documents/Document_101830.pdf > (Consulté le 04.09.2023)

Daniel C, et Jean D., 2007- *Moyens de lutte contre les crucifères annuelles en production biologique*. Nuisibilité et utilité. [En ligne]. Disponible sur : <

<https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/Crucifere.pdf> > (Consulté le 08.09.2023)

Delbrouck B., 2019- LES VERTUS DE L'EUCALYPTUS. Giphar., Disponible sur : < <https://www.pharmacienghar.com/medecines-naturelles/conseils-phytotherapie/vertus-eucalyptus> > (Consulté le 04.09.2023)

Deluzarch, C., 2020 - *Le puceron : un insecte ravageur*. Revue Horticole, Equipe rédactionnelle de Nutrixeal Info., 2021- www.nutrixeal-info.fr . [En ligne]. Disponible sur : < <https://nutrixeal-info.fr/index/gluco-sinolates> > (Consulté le 05.05.2023)

Erau P.,2019- *L'eucalyptus : botanique, composition chimique, utilisation thérapeutique et conseil à l'officine*. [En ligne]. Thèse. Doctorat. Sciences

Bibliographie

pharmaceutiques. Université Aix-Marseille, , disponible sur : <
<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02380842/document> >

Farman M., Faizan M.,2020- Profil phytochimique et pharmacologique de l'eucalyptus globulus. global scientific journal . numéro 5. [en ligne]. Disponible sur :<
https://www.researchgate.net/publication/352056276_Phytochemical_and_pharmacological_profile_of_Eucalyptus_globulus > (Consulté le 20.06.2023)

Hullé M., Turpeau E., Chaubet B., 2011. Les pucerons des grandes cultures : cycles biologiques et activités de vol. Versailles: Quae.

Hullé M., Turpeau E., Chaubet B.,1998 - *Biologie et protection du puceron lanigère des pruniers et pêchers* (Pemphigus spirostris). Phytoma.

Hullé M., Turpeau,E., Chaubet, B., 2002- *Impact of climate change on aphids and their natural enemies: A review*. Annals of Applied Biology,

Inaki G., 2011-Pucerons : dommages et control. [en ligne] . Disponible sur : <
<https://www.canna.ca/fr/articles/pucerons-dommages-et-controle-en-detail> > (Consulté le 17.06.2023)

Julien E., 2016- Moutarde : composition, vertus, emploi et risques. www.saintesante.com .[en ligne]. Disponible sur : <
<https://saintesante.com/traitements/phytotherapie/plantes-medicinales/moutarde> > (Consulté le 03.09.2023)

Julve Ph., 2021 - Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France.

Julve Ph., 2021 - Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France.

Maurice.,2020- les pucerons, des insectes passionnants et problématique. Ennemis naturels, www.passion-entomologie.fr . [en ligne]. Disponible sur :<
<https://passion-entomologie.fr/les-pucerons-des-insectes-passionnants-et-problematiques-2-2> > . (Consulté le 08.09.2023)

Melanie F, et Hannah F.,2015- Ennemies naturels 101. www.omafra.gov.on.ca [En ligne]. Disponible sur : <
<https://omafra.gov.on.ca/french/crops/organic/news/2014/2014-12a3.htm> > . (Consulté le 08.09.2023)

Ould Amer D.,2017- *Etude de l'effet herbicide de l'extrait aqueux des feuilles d'eucalyptus globulus et de l'ortie (urtica dioica) sur les mauvaises herbes des céréales*. Thèse. Master. Univ. Ibn Khaldoun Tiaret. Algérie.

Ould M'hamed M, et Amimoussi N., 2019- *Evaluation de l'effet allélopathique de la moutarde des champs (Sinapis arvensis L.) sur la germination et la croissance de l'orge (Hordeum vulgare L.) en conditions contrôlées*. Mém. Master, Système de production agro-écologique., Univ. Saad Dahleb Blida, Algérie.

Bibliographie

Rahmane F., Benteboula A.,2016- *Comparaison des maladies de deux espèces d'Eucalyptus (Eucalyptus camaldulensis et Eucalyptus globulus) dans la région de Medjez Amar (Guelma)*.Thèse. Master, Univ. 8 Mai 1945 Guelma.Algérie.

Reguibi Z.,2020 - Effet insecticide des huiles essentielles d'eucalyptus globulus sur tribolium castaneum (coleoptera, bruchidae) ravageur des céréales. Thèse. Master. Univ. Aboubekr Belkaid Tlemcen. Algérie.

Remaudière G et Remaudière M.,1997 - *Catalogue des Aphididae du monde (Homoptera Aphidoidea)*. Paris, France : INRA.

Stephen J.D., 2003- *Inventaire des mauvaises herbes du Canada*. [en ligne].
Disponible sur : <
https://www.agrireseau.net/phytoprotection/documents/inv_weeds.pdf > (Consulté le 04.09.2023)

Tendron P.,**2019**. L'eucalyptus est un arbre- ingrédient d'origine naturelle. Humer.
www.humer-lagamme.fr. [en ligne]. Disponible sur :< <https://humer-lagamme.fr/efficacite-et-naturalite/plantes-et-ingredients/eucalyptus> >. (Consulté le 28.08.2023)

Bibliographie
