



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de
la vie
Département des sciences de la nature et de la vie

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Biochimie appliquée

Réf. :

Présenté et soutenu par :
NOUIOUA Maroua et ZAHNIT Fouzia
Le :

Effet des produits naturels envers *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera : Pyralidae) la pyrale des dattes

Jury :

Mr.	DEGHIMA Amirouche	MCA	Université de Biskra	Président
Mr.	BENBELAID Fethi	MCA	Université de Biskra	Rapporteur
Mr.	RECHID Rima	MAA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2020-2021

Remerciements

Tout d'abord ont remercions le Grand dieu d'avoir nous aidez et d'avoir nous donnez le pouvoir et la capacité de terminé ce travail.

Notre plus grande gratitude à notre encadreur respecté "Benbelaid Fethi" pour ses soutiens, ses conseils judicieux et ses grande bien vaillance et tous les efforts qu'elle a fourni pour le bon aboutissement de ce travail.

Nos remerciements vont également à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail ont particulier "Mme TRABSA", et à tous nos enseignants durant les années des études du Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, surtout ceux du département de biochimie.

Nous sommes très reconnaissantes à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire par leurs aides et leurs encouragements, en particulier.

Dédicaces

Avant tout c'est grâce à dieu que nous sommes là nous.

J'envoie tous mes dédicaces :

Aux plus chers à mon cœur, symbole de sacrifices, de tendresse et d'amour "chère mère
BOUKHALKHAL Warda".

Au premier héros, A ceux desquels nous apprenons le vrai sens de la vie, La résistance, et la
persévérance : "Chers père Mohammed" qui m'a encouragé durant toutes mes études.

J'espère qu'ils sont fiers de qui je suis aujourd'hui.

A mes sœurs qui sont toujours dans mon cœur et qui font partie intégrante de mon âme :
Youssra, Hadil, Noor El Yakine, et Farah.

À ma joie et mon bonheur dans la vie "mon meilleur ami" : MENZER Rawnek j'espère que
notre amitié durera et que dieu vous accorde la réussite dans vos vies.

Un énorme dédicace à mon cher binôme : Fouzia ZEHNIT de ces efforts énormes de réaliser
ce travail, je le souhaite une bonne continuation et le succès dans sa vie.

A toute la famille NOUIOUA et BOUKHALKHAL.

Pour mes proches, sans exception.

À tous mes enseignants de la filière de biologie de l'université de Biskra.

À tous mes collègues de promotion 2021.

Maroua

Dédicaces

Avant tout c'est grâce à Dieu que nous sommes là nous.

Je dédie ce modeste travail à :

Ma profonde gratitude et raison de ma vie, symbole de sacrifice A mes très chers parents ma mère Malika et mon père Omer, pour l'éducation qu'ils m'ont prodiguée, avec tous les moyens et l'amour sans limite qu'ils ont consentis à mon égard, pour le sens du devoir. Je ne parviendrais à dédommager toutes les peines et souffrances qu'ils ont endurées pour m'élever.

-----J'espère qu'ils sont fiers de qui je suis aujourd'hui -----

A mes chères sœurs qui sont toujours dans mon cœur et qui font partie intégrante de mon âme
: Soumia, Nerdjes, Imen, et Aya

A mon chère frère Adel ; tu es le meilleur gain pour moi dans cette vie. Gloire à Dieu de m'avoir accordé un frère comme toi.

À mon premier bonheur dans la vie : A ma chère fille kabeche sirine nour el yakine.

Aux poussins de la famille BEN YAHOUBE djeude, firas, wasim

A mari de ma sœur soumia, BEN YAHOUBE Boubaker et A mari de ma sœur nerdjes, wafi rouchdi

Une Enorme dédicace à mon cher binôme Maroua NOUIOUA : de ces efforts énormes de réaliser ce travail, je le souhaite une bonne continuation et le succès dans sa vie.

A mes amis les plus proches : Kanza, kawther.

A toute la famille zahnit et attouche.

Pour mes proches, sans exception.

Tous mes collègues de la même spécialité de promotion 2021.

Toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de ce travail.

À tous mes enseignants de la filière de biologie de l'université de Biskra.

Fouzia

Sommaire

Remerciements	
Dédicaces	
Sommaire	
Liste des tableaux	I
Liste des figures	II
Liste des abréviations	III
Introduction	1

Partie 1 : Partie théorique

Chapitre 1 : La pyrale des dattes

1.1 Généralités	2
1.2 Morphologie	3
1.2.1 L'Œuf.....	3
1.2.2 La chrysalide.....	3
1.2.3 La chenille.....	4
1.2.4 Adulte.....	4
1.3 Cycle de développement.....	4
1.4 Ecologie chimique d' <i>E. ceratoniae</i>	5
1.5 Moyens de lutte	6

Chapitre 2 : Interaction « plante hôte- insecte phytophage »

2.1 Généralités	7
2.2 Médiateurs chimiques (sémio-chimiques).....	7
2.2.1 Substances allélochimiques	8
2.2.2 Pheromones.....	9
2.3 Implications des médiateurs chimiques dans les systèmes de défense.....	9
2.4 Spécificité de la réponse des plantes	10
2.5 Structures réceptrices chez les insectes	11

Partie 2 : Partie Expérimentale

Chapitre 3 : Matériel et méthodes

3.1. Zone géographique des différentes études faisant l'objet de la synthèse	12
3.2. Matériel	12

3.2.1. La teigne des dattes où pyrale (<i>E. ceratoniae</i>)	12
3.2.2. Matériel végétal.....	15
3.3. Méthodes	16
3.3.1. Extraction et analyse des huiles essentielles	16
3.3.2. Activité insecticides des produits naturels en fumigeant et par contact direct.....	17
3.3.3. Etude de l'effet des huiles essentielles sur les paramètres biologiques	18
3.4. Etude statistiques.....	19

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4.1. Résultats	20
4.1.1. Composition chimique des huiles essentielles.....	20
4.1.2. Toxicité par fumigeants et contact direct	23
4.1.3. Effets des huiles essentielles sur les différents paramètres biologiques des larves....	25
4.2. Discussion générale.....	27
4.2.1. Composition chimique des huiles essentielles des plantes étudiées.....	27
4.2.2. Toxicité des HE par fumigation et contact direct	27
4.2.3. Effets des différentes huiles sur les paramètres biologiques	28
Conclusion	29
Références bibliographiques	31
Résumés	

Liste des tableaux

Tableau 1. Classification du ravageur <i>Ectomyelois ceratoniae</i>	3
Tableau 2. Tableau récapitulatif des différents mode de conditionnement des larves <i>E. ceratoniae</i>	13
Tableau 3. Tableau récapitulatif des matériaux végétaux utilisés par les différents auteurs. .	15
Tableau 4. Tableau récapitulatif des méthodes d'extraction des huiles essentielles.	16
Tableau 5. Tableau récapitulatif des méthodes d'études de la toxicité des fumigeants et par contact direct.	17
Tableau 6. Tableau récapitulatif des méthodes d'études des effets des huiles essentielles sur les paramètres biologiques des larves <i>E. ceratoniae</i>	18
Tableau 7. Composition des huiles essentielles des différentes feuilles étudiés.....	20
Tableau 8. Tableau récapitulatif de l'efficacité des différentes huiles essentielles sur le ravageur <i>E. ceratoniae</i>	23
Tableau 9. Tableau récapitulatif de l'influence des huiles essentielles sur le paramètre biologiques de <i>E. ceratoniae</i>	25

Liste des figures

Figure 1. Cycle biologique d' <i>Ectomyelois ceratoniae</i>	5
Figure 2. Les différentes catégories de médiateurs chimiques.....	8
Figure 3. Types de médiateurs chimiques inter-spécifiques.	8
Figure 4. Présentation des relations plantes – insectes et interventions des molécules informatives en tant que médiateurs chimiques	9
Figure 5. Attractivité des parasitoïdes par les odeurs émises par des feuilles de maïs	10
Figure 6. Cartographie des différents travaux faisant l'objet de support pour notre étude.....	12

Liste des abréviations

<i>B. subtilis</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
CPG	Chromatographie en Phase Gazeuse
<i>E. camaldulensis</i>	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>
<i>E. ceratoniae</i>	<i>Ectomyelois ceratoniae</i>
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
<i>E. kuehniella</i>	<i>Ectomyelois kuehniella</i>
<i>E. rudis</i>	<i>Eucalyptus rudis</i>
FID	Détecteur à Ionisation de Flamme
HE	Huile Essentielle
HR	Humidité Relative
INPV	Institut National de la Protection des Végétaux
<i>P. halepensis</i>	<i>Pinus halepensis</i>
<i>P. lentiscus</i>	<i>Pistacia lentiscus</i>
<i>R. officinalis</i>	<i>Rosmarinus officinalis</i>
SDE	Méthode d'Extraction par Distillation Simultanée
<i>T. capitatus</i>	<i>Thymus capitatus</i>
TIS	Technique des Insectes Stérile

Introduction

Introduction

Le palmier dattier fait partie des plantes ayant une grande importance socio-économique dans les pays maghrébins. En Algérie, le palmier dattier est l'ingrédient de base des écosystèmes oasiens et joue ainsi un rôle économique important grâce à sa production de dattes et de produits dérivés (Bouguedoura et *al.*, 2015). Selon Ben Khalifa (1989), les oasis de palmiers en Algérie sont principalement concentrées dans la région du sud-est du pays. En effet, 940 cultivars ont été identifiés, dont 270 de grande valeur, n'existant que dans la région Sud-Est où domine le cultivar Deglet Nour. Ce dernier est disponible dans le commerce, mais il existe aussi des variétés plus ou moins courantes comme Ghars, Degla Beida et Mech Degla. Ces 4 variétés représentent l'essentiel du patrimoine de la phoeniculture Algérienne.

En Algérie, la culture du palmier dattier se classe au premier plan de l'agriculture saharienne et joue un rôle majeur dans le système de production agricole. De plus, elle s'étend sur une superficie de 167 269 hectares avec 18,5 millions de palmiers et une production de 1 029 596 tonnes (M.A.D.R.P., 2017).

Cependant, cette richesse locale est soumise à plusieurs danger menaçant non seulement la qualité des dattes produits mais également les rendements de la production, voir même la perte irréversible des individus de palmier à cause des parasites. Parmi les maladies les plus redoutables, *E. ceratoniae* représente une bonne partie des infestations. En effet, le pourcentage d'attaque de la pyrale des dattes représente 8 à 10 % en Algérie, mais cette proportion peut atteindre jusqu'à 80% dans certains cas. Elle réduit considérablement la qualité des dattes commercialisables et risque de compromettre les exportations notamment celles de la variété Deglet Nour (Munier, 1973).

Dans le but de combattre face à la pyrale des dattes, le présente étude a été réalisé dans le but de synthétiser tous les travaux ayant étudié l'effet insecticide des produits naturels vis-à-vis l'espèce *E. ceratoniae*. De ce fait, notre étude débutera par une première partie comportant une synthèse bibliographique ; constituée de deux chapitres : le premier sur la pyrale des dattes, et le deuxième sur l'interaction entre la plante hôte et l'insecte phytophage. Par la suite, nous allons tenter de mettre la lumière sur l'effet de différents produits naturels comme les huiles essentiels de diverses espèces végétales sur le ravageur *E. ceratoniae*, en décrivant le matériel, les méthodes et les résultats obtenues par les différents auteurs faisant l'objet de ce travail synthétique.

Partie 1 :

Partie théorique

Chapitre 1 : La pyrale des dattes

Chapitre 1 : La pyrale des dattes

1.1 Généralités

Appelée ver de la datte ou « Caroubmoth » (Dowson, 1982), l'*E. ceratoniae* est un lépidoptère hétérocère, considéré comme un ravageur principal des dattes (Bakert et *al.*, 1991).

Actuellement, elle fait partie du genre *Ectomyelois* qui a été créé en 1959 par Heinrich. L'*E. ceratoniae* est une espèce répandue dans tout le Bassin Méditerranéen. Elle est connue au Maroc, Algérie, Tunisie, Libye et Egypte. Sa présence a aussi été signalée en Espagne, Italie, Grèce et France (Le Berre. 1978).

E. ceratoniae est un ravageur extrêmement polyphage. Sa chenille qui vit aux dépens de plusieurs fruits, cause d'énormes dégâts. Elle est très polyphage et s'attaque à une multitude de cultures et à des plantes spontanées dans des étages Bioclimatiques très différents. Le nombre de plantes hôtes reconnues à travers le monde est de 49 espèces, dont 32 espèces existent en Algérie (Doumandji, 1981).

En Algérie, *E. ceratoniae* se propage principalement dans deux zones bioclimatiques. La première couvre les côtes, s'étendant sur une largeur allant de 40 à 80 kilomètres et sur presque 1000 kilomètres de long. La seconde inclut toutes les oasis du Sud, parmi lesquelles les plus significatives sont celles de l'Oued Righ et des Zibans (Acourene et *al.*, 2007).

Selon Doumandji (1981), la taxonomie de la pyrale des dattes se base essentiellement sur les critères morphologiques des adultes.

Tableau 1. Classification du ravageur *E. ceratoniae*

Taxon	Nom scientifique
Embranchement	Arthropodes
Sous embranchement	Mandibulates
Classe	Insecta
Sous Classe	Ptérygotes
Division	Exopterygota
Ordre	Lepidoptera
Famille	Pyralidae
S/famille	Phycitinae
Genre	<i>Ectomyelois</i> Heinrich, 1959
Espèce	<i>Ectomyelois ceratoniae</i> (Zeller, 1839) (Doumandji, 1981).

1.2 Morphologie

1.2.1 L'Œuf

Possède une forme oblongue, dont sa taille peut atteindre 0,6 à 0,8 mm. Il est de couleur blanche au début et il devient rose au bout de 24 heures. Sa surface présente un aspect réticulé, Il est entouré par une cuticule translucide (Doumandji, 1981). A la ponte, l'œuf est blanc aplatie (Wertheimer, 1958). A la fonte, l'œuf est blanc- grisâtre puis vire au rose-orange au cours de l'embryogenèse (Vilardeco, 1975).

1.2.2 La chrysalide

Mesurant environ 8 mm de longueur, elle présente un corps de forme cylindro-conique. Sa caractéristique principale réside dans la présence de 7 paires d'épines sur les 7 premiers segments de l'abdomen et de 2 crochets à l'extrémité de l'abdomen. Le prothorax est généralement rugueux. Son exosquelette, de couleur brune, est généralement entouré d'un fourreau de soie lâche que la chenille tisse avant sa métamorphose nymphale (Dhouibi, 1991).

1.2.3 La chenille

D'après Doumandji (1981), la couleur de la chenille dépend de la plante hôte. Celle qui se trouve dans les dattes elle est rose ou blanc-jaunâtre avec une tête rouge brun. Le corps de la chenille est constitué de 12 segments, les segments thoraciques portent les 3 paires de pattes locomotrices et les segments abdominaux présentent les 4 paires de pattes ou ventouses (Le Berre, 1978).

1.2.4 Adulte

C'est un papillon de 6 à 14 mm de longueur et une envergure de 24 à 26mm (Idder, 2009). Dans l'ensemble les males sont plus petits que les femelles (9.32 mm contre 10.35).

D'après Doumandji (1981), il prend une couleur grise dans les régions côtières et devient plus clair à crémeux dans les oasis. La face inférieure et les pattes sont de couleur claire. Les ailes sont bordées de longues soies claires à leur partie postérieure.

1.3 Cycle de développement

Idder (1984) indique que l'*E. ceratoniae* est un micro-lépidoptère dont le cycle biologique se déroule en plusieurs stades différents (Fig. 1). Le nombre de générations fluctue entre 1 et 5 selon la nourriture disponible et les conditions climatiques (Nay, 2006). En Algérie, cette pyrale peut donner lieu à 4 générations dans les zones côtières (Doumandji, 1981) et de 3 à 4 dans les oasis (Wertheimer, 1958 cité par Le Berre, 1978).

L'insecte passe l'hiver à l'intérieur des fruits momifiés sous forme de larve mature, et l'adulte émerge au printemps suivant pour se développer sur une variété de plantes hôtes. Il débute par l'attaque des grenades entre mai et août, puis il s'installe sur les premières dattes non nouées des régimes, et à partir de septembre, l'insecte commence à infester les dattes mûres, se développant jusqu'à la récolte (Dhouibi, 1991). Selon Gouthilf (1969), les émergences des adultes se produisent au début de la nuit. Les papillons s'accouplent en plein air ou même dans les enclos où ils ont vu le jour, sans avoir besoin de voler au préalable. L'accouplement est relativement prolongé, durant plusieurs heures (Wertheimer, 1958).

Une femelle peut produire entre 100 et 300 œufs au cours de sa vie, mais la fourchette la plus courante est de 100 à 200 (Al'Izzi et *al.*, 1987 cités par Nay, 2006). Les œufs sont

déposés sur la face externe de la datte, à l'intérieur des plis, des déchirures, ainsi que sous le calice. La croissance des chenilles s'effectue par le biais de mues successives et peut varier de 6 semaines à 8 mois, en fonction de la température ambiante (Vilardibo, 1975). Lorsque la chenille atteint sa taille maximale, le fruit qu'elle infeste subit de fortes dégradations. L'imago qui en résulte a une espérance de vie de 3 à 5 jours, période durant laquelle il s'accouple et pond. Il est très rare de trouver deux larves d'*E. ceratoniae* dans la même datte, en raison du phénomène cannibalistique qui définit cette espèce (Le Berre, 1978). Les adultes de la pyrale des dattes ne peuvent pas prendre leur envol lorsque la température moyenne est inférieure à 14°C (Gonzalez, 2003).

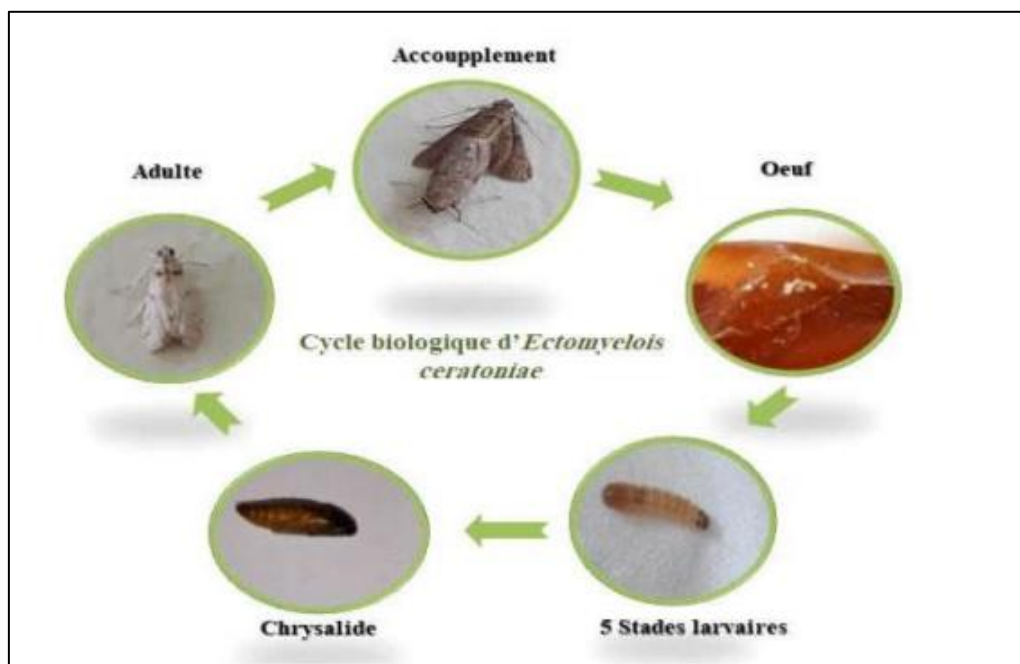


Figure 1. Cycle biologique d'*E. ceratoniae* (Vilardibo, 1975)

1.4 Ecologie chimique d'*E. ceratoniae*

La phéromone sexuelle d'*E. ceratoniae* se compose d'un mélange de trois aldéhydes insaturés extraits d'une glande des femelles, à savoir : le principal ingrédient, (Z, E) -9,11-tetradecadienal (dienal) et (Z)-9-tetradecenal (monoenal) qui sont des éléments secondaires (Baker et *al.*, 1989 ; Baker et *al.*, 1991). Le composant dominant (Z, E-9, 11,13-tetradecatrienal) entraîne les mâles à se déplacer et à s'envoler ultérieurement, tandis que, (Z, E) -9,11-tetradecadienal (dienal) et (Z)-9-tetradecenal (éléments mineurs) renforcent les réponses de vol (Todd et *al.*, 1992). Selon les recherches de Gothilf (1964) citées par Gothilf (1975) ; Cosse et *al.* (1994), les femelles d'*E. ceratoniae* en période de ponte réagissent à des stimuli chimiques représentés par des composés volatils émis par des dattes ou des caroubes infestés par le champignon *Phomopsis*

sp. Selon Cosse et *al.* (1994), ces composés sont : hexasanoate d'éthyle, éthanol et acétaldéhyde. De plus, Gothilf (1975) a observé que des alcools simples, surtout, l'éthanol, 1-propanol, 2-propanol, et 1-butanol sont des activateurs d'oviposition de la pyrale des dattes.

1.5 Moyens de lutte

Pour maîtriser les nuisibles, l'agriculture contemporaine recourt à cinq catégories de mesures de protection : la lutte chimique, la lutte biologique, la lutte physique, le contrôle génétique et le contrôle culturel. Malgré les nombreux désavantages associés à la lutte chimique, cette méthode reste une des options les plus efficaces, facile à mettre en œuvre et produisant des résultats immédiats pour la gestion des organismes nuisibles (Ricci et *al.*, 2013). En Algérie, la lutte chimique est la seule méthode employée pour diminuer les effectifs de la pyrale (Hadjeb et *al.*, 2014).

En 1999, l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV) a lancé un programme de lutte basé sur la technique des insectes stériles (TIS). Cela implique la production en masse de mâles de la pyrale des dattes, leur introduction dans les palmeraies sous des conditions contrôlées, et leur irradiation par des rayons gamma au sein du centre de recherche nucléaire d'Alger. D'après Dridi et Benddine (2000), cette méthode permet d'une part de réduire le niveau d'infestation de ce ravageur à un seuil très tolérable, et d'autre part de préserver la faune utile dans les palmeraies.

Chapitre 2 : Interaction

« plante hôte- insecte phytophage »

Chapitre 2 : Interaction « plante hôte- insecte phytophage »

2.1 Généralités

Les substances naturelles produites par les organismes au niveau de leur métabolisme jouent un rôle majeur dans les nombreuses interactions qui existent entre les insectes et les plantes, et ces interactions se retrouvent dans le même environnement aux niveaux interspécifique et intra-spécifique. Les insectes herbivores sont les principaux consommateurs de la matière végétale. Où ils jouent un rôle déterminant dans la dynamique des populations avec leurs composants nutritionnels et non nutritifs ; allélochimiques (Ohgushi, 1992).

La production ou la libération de phéromones peut être induite ou accentuée par des médiateurs chimiques présents dans la plante hôte (Faghieh, 2004). Dans plusieurs situations, il a été démontré que les odeurs des plantes renforcent considérablement l'attractivité de certaines phéromones d'insectes (Landolt et Phillips, 1997). Il est donc crucial de bien appréhender les insectes et leurs relations avec les écosystèmes afin de pouvoir mieux gérer leurs populations par des interventions directes et/ou indirectes en cas de nuisibilité (Watt et *al.*, 1990).

2.2 Médiateurs chimiques (sémio-chimiques)

Le terme sémio-chimiques ou chimio-phéromone désigne une substance active dans la relation entre organismes agissant sur le comportement de organismes ou/et leurs fonctions physiologiques (Bourgeois, 2001). Le comportement des insectes à la recherche de plantes hôtes est principalement guidé par des composés phytochimiques volatils (Bernays et Chapman, 1994). La sélection de l'hôte est déterminée par composés attractifs dans les plantes hôtes et composés répulsifs dans les plantes non-hôtes. Les insectes utilisent ces signaux instables pour localiser des sources de nourriture et des sites de reproduction (Schoonhoven, 1998). Selon Streblé (1989), ces agents chimiques perçus par les insectes peuvent interférer avec le choix de l'hébergement, rechercher de la nourriture pour immédiatement ou retarder l'ingestion et trouver des partenaires sexuels appropriés.

La majorité des substances sémio-chimiques qui peuvent être émises par la plante ou l'insecte sont des mélanges chimiques complexes qui provoquent des comportements adaptatifs (Bourgeois, 2001) ; (Fig. 2). Selon leur source et leur utilité, ces substances sont groupées en substances allélochimiques et en phéromones (Herrbach, 1984).

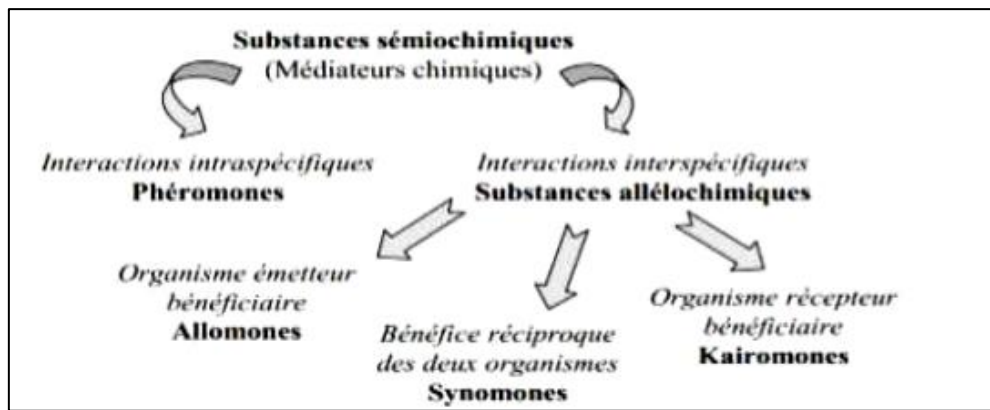


Figure 2. Les différentes catégories de médiateurs chimiques (Gaspar, 2003).

2.2.1 Substances allélochimiques

Ce sont des substances qui interfèrent avec les interactions interspécifiques et sont divisées en espèces d'Heteromonas, de Kairomonas et de Comonas (fig.3). Selon Strebler (1989), *Heteromonas* est une substance produite ou obtenue par un organisme, qui induit un comportement ou une réponse physiologique chez l'espèce réceptrice en faveur de l'émetteur plutôt que du récepteur. Et Kairomonas est un composé qui montre une supériorité sur le récepteur. Il oriente les ennemis herbivores ou naturels vers les sources de nourriture et peut également intervenir en tant qu'alerte de danger (odeurs de prédateurs). Les synonymes sont des médiateurs chimiques bénéfiques pour émetteurs et récepteurs (Cortesero, 2006).

Type d'allélochimique	Bénéficiaire du signal		Exemples
	Emetteur	Récepteur	
allomones	+	-	Substance toxique d'une proie contre un prédateur
kairomones	-	+	Substance attractive d'une proie pour un prédateur
synomones	+	+	Substance attractive d'une plante pour un prédateur

Figure 3. Types de médiateurs chimiques interspécifiques (Vet et Dicke, 1992).

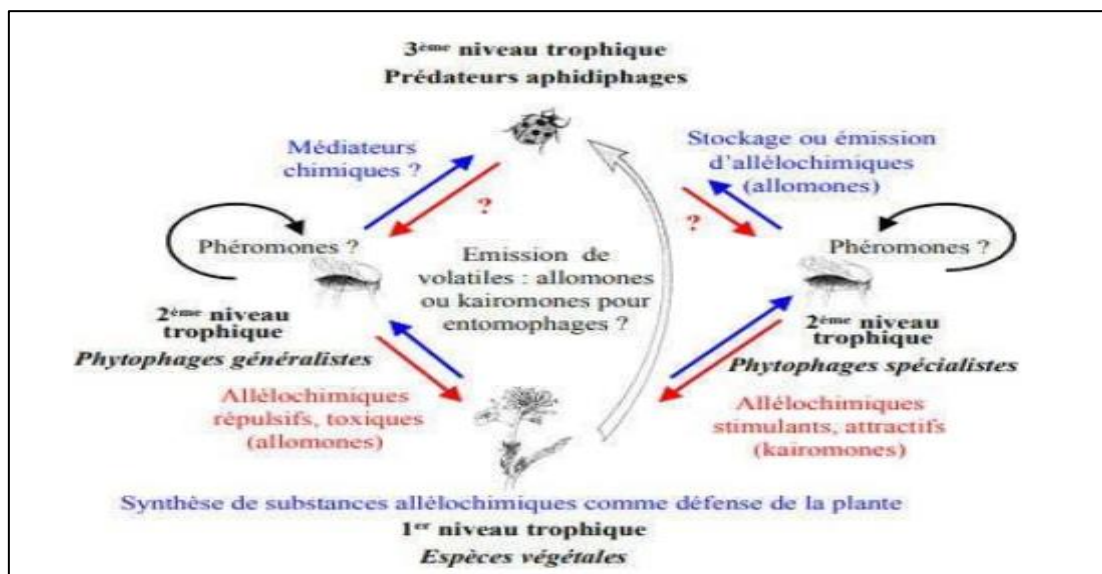


Figure 4. Présentation des relations plantes – insectes et interventions des molécules informatives en tant que médiateurs chimiques (Verheggen, 2008).

2.2.2 Phéromones

Karlson et Lüscher (1959), ont classé les phéromones comme les substances les plus importantes dans le monde des signaux environnementaux. Les phéromones agissent comme de simples stimuli comportementaux, en induisant une réaction réversible, telles que les phéromones sexuelles (Streblér, 1989). Elles peuvent intervenir comme des phéromones d'alarme ; cas du farnésène émis par les cornicules de pucerons avertissant les individus d'une même espèce d'un danger éminent. Des femelles d'espèces phytophages émettent une phéromone de marquage qui signale aux congénères la présence d'un œuf comme le font aussi certains entomophages (Van Lenteren, 1981). Le phénomène a été découvert pour la première fois chez la mouche de la pomme, *R. pomonella* (Dipt. Tephritidae) par Prokopy (Prokopy, 1972, 1981 a et b).

2.3 Implications des médiateurs chimiques dans les systèmes de défense

Les composés secondaires libérés par les plantes affectent le comportement d'un grand nombre d'insectes herbivores par le biais du processus de rejet ou d'anti-appétit (Bernays et Chapman, 1994). Agit comme un système de défense constitutif direct des plantes pour réduire les dommages causés par les ravageurs (Dugravot, 2004).

Parmi ces substances se trouve la nicotine produite par les plantes *Nicotiana*, qui est un analogue de l'acétylcholine, et sa liaison aux récepteurs nicotiniques de l'acétylcholine

provoquera une interférence irréversible dans le système nerveux central des insectes (Lauwerys, 1990). Le mode d'action de ces composés végétaux affecte également le métabolisme des organismes. En effet, la roténone est un composé secondaire extrait de plantes de la famille de l'anchois, comme le *L. Nicou*, qui agit sur le mécanisme de respiration cellulaire. Il inhibe l'oxydation cellulaire en interrompant le transfert d'électrons dans la chaîne respiratoire, ce qui altère le métabolisme énergétique mitochondrial, ce qui altère la production d'ATP (Weinzerl, 1998).

2.4 Spécificité de la réponse des plantes

Les plantes répondent à divers types de stress en établissant un système de défense qui agit directement ou indirectement sur les ravageurs. Dans certains cas, cette réponse semble être suffisante pour faire face à l'attaque d'insectes herbivores. Par conséquent, la réponse des plantes aux dommages mécaniques ou aux attaques d'herbivores peut varier en qualité ou en quantité (Dugravot, 2004). La réponse des plantes à l'attaque peut également être spécifique à l'espèce prédatrice, voire au stade larvaire de la plante attaquante. Ainsi, les plants de tabac attaqués par les chenilles d'*H. virescens* vont libérer une série de composés volatils avec différentes concentrations de -culture ou de -caryophyllène (De Moraes et *al.*, 1998). La réaction à l'effort diffère également selon le mode nutritionnel des phytophages et le type de dommages causés aux plantes (Stout et *al.*, 1994).

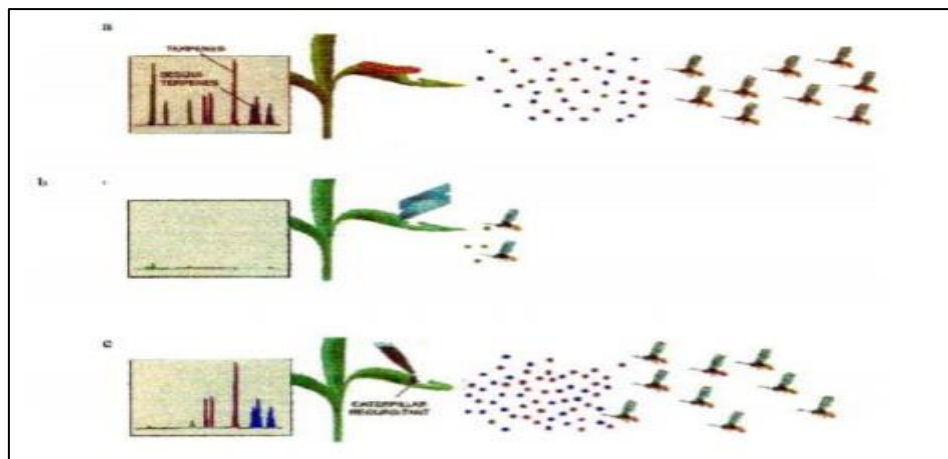


Figure 5. Attractivité des parasitoïdes par les odeurs émises par des feuilles de maïs (Tumlinson et *al.*, 1993)

A : attaquées par une chenille hôte, b : brisées mécaniquement, c : Brisées mécaniquement + régurgitations de chenilles.

2.5 Structures réceptrices chez les insectes

Tous les êtres vivants doivent s'ajuster à leur environnement pour pouvoir y prospérer, se reproduire ou simplement survivre. Pour explorer leur entourage, tous les animaux disposent de capacités sensorielles qui leur permettent d'interagir avec celui-ci (Arif, 2011). L'odorat et le goût sont essentiels chez les insectes. Ils utilisent des signaux chimiques pour repérer les sources de nourriture et les lieux de ponte, ainsi que pour établir des interactions sociales, sexuelles et évaluer les menaces. Les antennes des insectes jouent un rôle crucial en tant qu'organes sensoriels, englobant le goût, l'orientation et le toucher (Picimbon, 2002). Comme indiqué par Picimbon (2002), ces organes sensoriels sont de véritables micro-systèmes sensoriels olfactifs sophistiqués. Ils sont constitués de milliers de ramifications d'antennes et fonctionnent comme des micro-capteurs périphériques pour les molécules odorantes présentes dans l'air. Bien qu'il existe plusieurs types de sensations, elles partagent toutes une structure commune.

Selon Strebler (1989), il existe divers types de récepteurs, variant selon la fonctionnalité et le développement des insectes. Deux caractéristiques principales ont été mises en évidence, à savoir la présence d'une structure articulée et la perforation de l'épiderme, qui représentent respectivement les fonctions des mécanorécepteurs et/ou des chimiorécepteurs. La classification fondée sur ces éléments permet d'identifier les types d'organes sensoriels suivants :

- Les organes sensoriels présentant des trous dans la paroi épidermique, ont généralement une fonction olfactive.
- Les organes sensoriels à pores terminaux sont souvent caractéristiques des organes sensoriels qui peuvent être remplacés par un système de pores ; dans les mécanorécepteurs, les organes sensoriels sont observés sans perforations épidermiques ni sensilles sensibles à la température et à l'humidité.
- La bouche, les pattes et d'autres parties du corps des insectes possèdent également de nombreux récepteurs gustatifs. Les chimiorécepteurs de contact sont une différenciation épidermique semblable à un cheveu, appelée récepteurs, avec des trous apicaux.

Partie 2 :

Partie Expérimentale

Chapitre 3 : Matériel et méthodes

Chapitre 3 : Matériel et méthodes

3.1. Zone géographique des différentes études faisant l'objet de la synthèse

Les recherches faisant l'objet de cette synthèse ont été effectuées dans les régions marquées dans la carte ci-dessous :

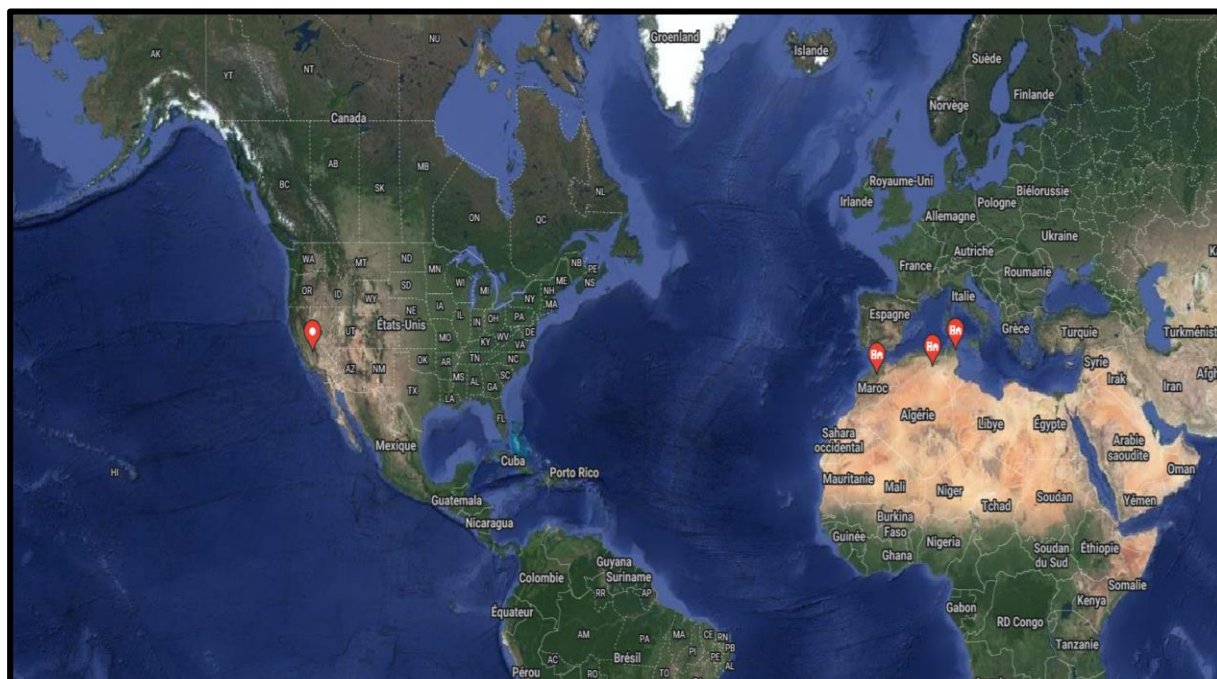


Figure 6. Cartographie des différents travaux faisant l'objet de support pour notre étude (Google Maps, 2023).

Comme le montre la carte géographique ci-dessus, les travaux sélectionnés pour notre étude furent effectués dans quatre pays différents à travers 2 continents afin de donner un avis assez général sur notre thème. Concernant les travaux en question réalisés en Tunisie, nous avons choisi ceux de (Bachrouch et *al.*, 2010), (Amri et *al.*, 2019), (Mnif et *al.*, 2013) et (Haouel et *al.*, 2010) ; pour l'Algérie : (Adouane et *al.*, 2022) ; pour le Maroc : (Abid et *al.*, 2020) et enfin pour les Etats-Unis : (Warner et *al.*, 1990).

3.2. Matériel

3.2.1. La teigne des dattes où pyrale (*E. ceratoniae*)

A travers les études présentées dans le tableau 02 ci-dessous, les auteurs ont respecté des conditions spécifiques pour préparer les larves de *E. ceratoniae*.

Tableau 2. Tableau récapitulatif des différents modes de conditionnement des larves *E. ceratoniae*.

Auteurs	Pays d'étude	Etat d'évolution des larves	Condition d'élevages - Température - Photopériodisme - Humidité Relative	Régime artificielle
(Bachrouch et al., 2010)	Tunisie	1-2 jours	25.1°C 15h-9h 65.5%	Blé Levure Saccharose Sel Vitamine C Lysine Eau distillée
(Amri et al., 2019)	Tunisie	1 jour	25°C 16h-8h 65%	Blé Levure Saccharose Sel Vitamine Eau distillée
(Warner et al., 1990)	Etats-Unis	1-2 jours	Ambiante 16h-8h /	/
(Adouane et al., 2022)	Algérie	1-2 jours	27±2°C 16h-8h 10%	Blé Levure Saccharose Sucre Vitamine Acide citrique

				Lysine Eau distillée
(Abid et al., 2020)	Maroc	1-2 jours	27±2°C 16h-8h 10%	Blé Levure Saccharose Sucre Vitamine Lysine Eau distillée
(Mnif et al., 2013)	Tunisie	1 jour	25.1°C 15h-9h 65.5%	Blé Levure Saccharose Sel Vitamine Glycérine Eau distillée
(Haouel et al., 2010)	Tunisie	1-2 jours	25.1°C 15h-9h 65±5%	Blé Saccharose Sel Levure Lysine Glycérine Eau distillée

D'après les données présentées ci-dessus, il est clair que les études portant sur ce sujet utilisent des larves jeunes d'*E. ceratoniae* ayant un âge moyen allant de 1 à 2 jours.

Ensuite, pour le conditionnement de l'élevage trois paramètres doivent être fondamentalement vérifiés à savoir : la température, la photo-périodicité et l'humidité relative. Les températures sont comprises entre 25.1 et 27±2 °C pour la plupart des travaux. La photo-périodicité, ou bien le temps d'exposition des larves d'élevages à la lumière et l'obscurité sont de 15 à 16h de lumière et 8 à 9h d'obscurité. L'humidité relative quant à elle est de 65% de

moyennes sauf pour les travaux de (Adouane et *al.*, 2022) et de (Abid et *al.*, 2020) où elle est de seulement 10% ce qui présente un environnement très sec.

Enfin, concernant le régime d'alimentation artificielle, certains nutriments sont toujours présents comme : le blé, la levure, le saccharose ; le sucre, le sel, les vitamines et l'eau distillée. Toutefois, certains nutriments sont ajoutés afin de faire performer le régime alimentaire comme l'acide citrique pour l'étude nationale et la glycérine pour les travaux des tunisiens (Haouel et *al.*, 2010) et (Mnif et *al.*, 2013).

3.2.2. Matériel végétal

Concernant le matériel végétal, ou bactérien utilisé pour lutter contre l'invasion d'*E. ceratoniae*, le tableau 03 ci-après est récapitulatif des travaux faisant l'objet de notre synthèse :

Tableau 3. Tableau récapitulatif des espèces végétales utilisées dans les études sélectionnées dans notre synthèse.

Auteurs	Matériel végétal	Bactérie	Condition de stockage - Température - Lieu de stockage
(Bachrouch et <i>al.</i> , 2010)	<i>P. lentiscus</i>	/	20-25°C Sac en tissu
(Amri et <i>al.</i> , 2019)	<i>P. halepensis</i> <i>T. capitatus</i> <i>R. officinalis</i>	/	20-25°C Sac en tissu
(Adouane et <i>al.</i> , 2022)	<i>R. officinalis</i>	/	20-25°C Obscurité
(Abid et <i>al.</i> , 2020)	<i>R. officinalis</i>	/	20-25°C Obscurité
(Mnif et <i>al.</i> , 2013)	/	<i>B. subtilis</i>	/
(Haouel et <i>al.</i> , 2010)	<i>E. camaldulensis</i>	/	20-25°C

	<i>E. rudis</i>		Obscurité
--	-----------------	--	-----------

La majorité des auteurs utilisent des extraits végétaux dont les huiles essentielles pour tenter de mettre en œuvre un protocole efficace pour lutter contre cet acarien. Tandis que l'équipe Tunisienne de Mnif et *al.* (2013), a utilisé un autre moyen de lutte via une souche bactérienne il s'agit de l'espèce bactérienne *B. subtilis*.

3.3. Méthodes

3.3.1. Extraction et analyse des huiles essentielles

Les méthodes utilisées pour l'obtention et analyse des huiles essentielles utilisées dans les travaux sélectionnées sont présentés dans le tableau 04.

Tableau 4. Tableau récapitulatif des méthodes d'extraction des huiles essentielles.

Auteurs	Extraction des HE	Analyses et identification
(Bachrouch et <i>al.</i> , 2010)	Hydrodistillation	CPG/FID (Adams, 2001)
(Amri et <i>al.</i> , 2019)	Hydrodistillation	CPG/FID (Adams, 2001)
(Adouane et <i>al.</i> , 2022)	Hydrodistillation	CPG/FID (Van den Dool et Kratz, 1963)
(Abid et <i>al.</i> , 2020)	Hydrodistillation	CPG/FID (Van den Dool et Kratz, 1963)
(Mnif et <i>al.</i> , 2013)	Hydrodistillation	/
(Haouel et <i>al.</i> , 2010)	Hydrodistillation	CPG/SM (Ghribi et <i>al.</i> , 2011)

Les chercheurs ont utilisé des méthodes d'extraction des HE en se basant sur 3 protocoles ; (Adams, 2001), (Van den Dool et Kratz, 1963) et (Ghribi et *al.*, 2011). D'après Adams (2001), l'extraction des huiles essentielles se fait grâce à l'utilisation d'un Clévenger en réalisant une hydro-distillation à 90°C suivit d'un passage de l'extrait dans un bain de Sulfate de Sodium Anhydre afin d'éliminer les résidus d'eau restant. L'huile nouvellement extraite est alors stockée à une température de 4°C et dans l'obscurité, pour ensuite être analysée à l'aide d'un chromatographe à phase gazeuse (CPG) associé à un détecteur d'ionisation à flamme, cela

pour permettre l'identification des différents composés volatiles en présence dans les huiles. Dès lors l'indice de rétention (IR) est calculé d'après la loi du protocole.

Concernant le protocole de Van den Dool et Kratz (1963), le mode d'extraction est le même que pour Adams (2001), néanmoins la CPG est effectué sous hydrogène comme gaz porteur et l'injection est réalisé en sandwich. De plus l'identification des composés en présence dans les huiles essentielles est faite par comparaison de leurs indices de rétention linéaire (IRL).

Enfin, la troisième méthode est basée sur le protocole proposé par Ghribi *et al.* (2011), que l'extraction est réalisée par (Haouel *et al.*, 2010). Il s'agit de la même technique qu'Adams (2001) en changeant le mode d'identification des constituants volatils par l'utilisation d'une spectrophotométrie de masse (SM).

3.3.2. Activité insecticides des produits naturels en fumigeant et par contact direct

Les fumigeant utilisés pour la lutte contre l'invasion des insectes sont présentés dans le tableau 05 ci-après :

Tableau 5. Tableau récapitulatif des méthodes d'études de la toxicité des fumigeants et par contact direct.

Article	Méthode utilisée	Référence
(Bachrouch <i>et al.</i> , 2010)	Fumigation / Contact papier Wattman n°2	(Abbott, 1925)
(Amri <i>et al.</i> , 2019)	Fumigation / Contact papier Wattman n°1 (humidité forte)	(Mediouni et Dhouibi, 2007)
(Adouane <i>et al.</i> , 2022)	Fumigation / Contact papier Wattman n°2	(Abbott, 1925)
(Abid <i>et al.</i> , 2020)	Fumigation / Contact papier Wattman n°2	(Abbott, 1925)
(Haouel <i>et al.</i> , 2010)	Fumigation / Contact papier Wattman n°2	(Abbott, 1925)

Comme le montre le tableau récapitulatif ci-dessus, les auteurs suivent les protocoles d'Abbott (1925) et Mediouni et Dhouibi (2007) afin d'étudier la toxicité des fumigeants.

Concernant les études ayant utilisés la méthode décrite par Abbott en 1925, la toxicité des fumigeants en mettant les huiles essentielles extraites en contact avec une feuille de papier de type Wattman n°1 qui est par la suite poser à l'intérieur du bouchon d'une bouteille de plastique contenant les larves de *E. ceratoniae* afin de tester l'effet létale de ce dernier sur l'insecte ainsi que le pourcentage de mortalité.

Néanmoins le protocole d'Abbott (1925) est différent. En effet, (Adouane et *al.*, 2022) et (Abid et *al.*, 2020) utilisent des concentrations d'huiles précises avec respectivement ; 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 mg/mL pour le premier et 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 mg/mL pour le deuxième. Haouel et *al.*, (2010), effectué un changeant en utilisant du papier Wattman n°2.

D'autre part, Mediouni et Dhouibi (2007), proposent un protocole plus précis avec la réalisation de l'étude à une température de 30°C et sous une très forte humidité relative de 80%. Amri et *al.*, (2019), pulvérise des échantillons de 30 œufs de *E. ceratoniae* avec des concentrations d'huiles essentielles de 0, 4, 8, 12 et 20 µL/mL. Chaque échantillon est placé dans une boîte de Pétri avec un volume d'un 1 mL d'huile essentielle vaporisé.

3.3.3. Etude de l'effet des huiles essentielles sur les paramètres biologiques

Enfin, c'est en observant l'effet de ces huiles essentielles sur les paramètres biologiques que les scientifiques jugent de l'efficacité de ces dernières. Le tableau 06 met en évidence les méthodes utilisées pour étudier leurs effets.

Tableau 6. Tableau récapitulatif des méthodes d'études des effets des huiles essentielles sur les paramètres biologiques des larves *E. ceratoniae*

Article	Méthode utilisée	Référence
(Bachrouch et <i>al.</i> , 2010)	Etude quantitative de l'action insecticide	(Finney, 1971)
(Amri et <i>al.</i> , 2019)	Etude quantitative de l'action insecticide	(Finney, 1971)
(Warner et <i>al.</i> , 1990)	Calcul du pourcentage d'infestation	/
(Adouane et <i>al.</i> , 2022)	Etude quantitative de l'action insecticide	(Finney, 1971)
(Abid et <i>al.</i> , 2020)		/

(Mnif et <i>al.</i> , 2013)	Etude quantitative de l'action insecticide	(Finney, 1971)
(Haouel et <i>al.</i> , 2010)	Etude quantitative de l'action insecticide	(Finney, 1971)

Pour effectuer ce paramètre, les auteurs ont utilisé la méthode décrite par Finney en 1971. Cette technique consiste à réaliser une étude quantitative des effets biologiques du matériel végétal où bactérien observé sur les échantillons de *E. ceratoniae* après la pulvérisation ou la mise en contact de ces derniers.

De plus, pour la bactérie *B. Subtilis*, l'action de l'insecticide a été étudiée sur les effets pharmacologiques, biotechnologiques et environnementaux.

Warner et *al.* (1990), a étudié le pourcentage d'infestation des dattes de différents types de dattes à différents types d'irrigation : la première expérience ainsi que la deuxième porte sur des palmiers dattiers de 12 ans et 15 ans d'âge respectivement irrigués à la goutte à goutte. La troisième expérience porte sur des palmiers de 12 ans irrigués directement au tuyau.

3.4. Etude statistiques

A travers notre étude synthétique, les données issues des paramètres biologiques étudiés sont soumises à une analyse de la variance de type (ANOVA) à l'aide du logiciel de traitement de données statistiques (Statistica) (Sokal and Rohlf, 1995).

Chapitre 4 : Résultats et discussion

Chapitre 4 : Résultats et discussion

Cette synthèse met la lumière, à partir d'une bibliographie riche, sur 03 points fondamentaux à savoir la composition chimique des huiles essentielles, leur toxicité en fumigeant ainsi que leurs effets sur les paramètres biologique des larves d'*E. ceratoniae*.

4.1. Résultats

4.1.1. Composition chimique des huiles essentielles

Les 5 articles de notre littérature faisant l'objet d'une extraction d'huile essentielle à partir de feuilles sont présentés comme suit (voir tableau 7) :

Tableau 7. Composition chimique des huiles essentielles des plantes étudiées.

Auteur	Espèce	Nombre des composés	Principaux composés chimiques
(Bachrouch et al., 2010)	<i>P. lentiscus</i>	33	Monoterpènes oxygénés (39.88%) Sesquiterpènes oxygénés (25.94%) Hydrocarbures monoterpéniques (8.03%)
			Terpinène-4-ol (23.32%) Béta-carophyllène (22.62%) Alpha-terpinéol (7.22%)
(Amri et al., 2019)	<i>P. halepensis</i>	56	Monoterpènes oxygénés (11.28%) Sesquiterpènes oxygénés (11.81%) Hydrocarbures monoterpéniques (44.24%)
			Caryophyllène (23.8%) Béta-myrcène (20.5%) Alpha-pinène (13.3%)

	<i>T. capitatus</i>	34	Monoterpènes oxygénés (73.43%) Sesquiterpènes oxygénés (3.30%) Hydrocarbures monoterpéniques (16.55%)
			Carvacol (66.9%) P-cymène (9.1%) Sigma-terpinène (6.22%)
	<i>R. officinalis</i>	15	Monoterpènes oxygénés (79.96%) Sesquiterpènes oxygénés (0.30%) Hydrocarbures monoterpéniques (18.71%)
			1,8-cinéole (47.5%) Camphre (14.9%) Alpha-pinène (14.1%)
(Adouane et al., 2022)	<i>R. officinalis</i>	26	Alpha-pinène (29.42%) Camphène (24.62%) Camphre (20.95%)
(Abid et al., 2020)	<i>R. officinalis</i>	17	Alpha-pinène (30%) Camphre (20.2%)
(Haouel et al., 2010)	<i>E. camaldulensis</i>	13	Monoterpènes oxygénés (33.82%) Sesquiterpènes oxygénés (6.65%) Hydrocarbures monoterpéniques (22.52%)
			Alpha-pinène (16.49%) 1,8-cinéole (20.62%)
	<i>E. rudis</i>	13	Monoterpènes oxygénés (28.85%) Sesquiterpènes oxygénés (5.47%) Hydrocarbures monoterpéniques (24.44%)
			Composés caractéristiques : Alpha-pinène (14.49%) 1,8-cinéole (19.87%)

Tout d'abord, il est important de préciser que cette synthèse présente les compositions des huiles essentielles issues de 6 plantes différentes *P. lentiscus*, *P. halepensis*, *T. capitalus*, *E. camaldulensis* et *E. rudis*, le nombre de composés en présence est respectivement de 33, 56, 34, 13 et 13. De plus, concernant l'espèce *R. officinalis*, les différentes études proposent 15 composés pour les travaux de Amri et al. (2019), 26 pour Adouane et al. (2022) et 17 pour Abid et al. (2020).

Concernant les familles de composés présents dans les huiles essentielles, les Monoterpènes oxygénés atteignent leurs taux maximal de 79.96% pour l'espèce *R. officinalis* et un taux minimal de 11.28% pour l'espèce *P. halepensis* d'après l'étude de l'équipe de Amri et al. (2019). Les Sesquiterpènes oxygénés en présence dans les espèces de notre synthèse avec un taux allant de 0.30% (*R. officinalis*) à 25.94% (*P. lentiscus*) respectivement pour les travaux de (Amri et al., 2019) et (Bachrouch et al., 2010). Enfin pour les Hydrocarbures monoterpéniques les résultats vont de 8.03% pour *P. lentiscus* à 44.24% pour *P. halepensis* en prenant pour références les recherches de (Bachrouch et al., 2010) et (Amri et al., 2019) respectivement.

Par la suite, les différentes recherches s'intéressent aux composés caractéristiques des huiles essentielles afin de comprendre leurs influence sur le ravageurs de l'espèce *E. ceratoniae*. A propos de l'espèce *P. lentiscus* l'élément le plus caractéristique est Terpinène-4-ol avec 23.32% de la composition totale de l'HE. Pour les espèces *P. halepensis*, *T. capitalus*, *R. officinalis*, *E. camaldulensis* et *E. rudis*, les principaux composés sont respectivement la Caryophyllène (23.8%), le Carvacol (66.9%), 1,8-cinéole (47.5%), 1,8-cinéole (20.62%) et le 1,8-cinéole (19.87%).

D'après les analyses effectués il est facilement visible que certains éléments sont présents dans les huiles essentielles de plusieurs plantes en proportions conséquentes comme c'est le cas pour l'Alpha-pinène présente chez 4 des 6 plantes avec des taux allant de 13.3% pour *P. halepensis* (Amri et al., 2019) à 30% pour *R. officinalis* (Abid et al., 2020). Concernant le camphre, les 3 travaux menés par les équipes de Adouane et al. (2022), Abid et al. (2020) et Amri et al. (2019), sur *R. officinalis*, avancent des proportions respectivement de 20.95%, 20.2% et 14.9%.

4.1.2. Toxicité par fumigants et contact direct

Parmi les études faisant l'objet de notre synthèse, 5 présentent des résultats intéressants quant à l'influence de la toxicité des fumigants issues des huiles essentielles sur les ravageurs de type *E. ceratoniae*, comme cela est visible dans le tableau 8 :

Tableau 8. Tableau récapitulatif de l'efficacité des différentes huiles essentielles sur le ravageur *E. ceratoniae*

Article	Espèce	Toxicité du fumigants de l'huile essentielle
(Bachrouch et al., 2010)	<i>P. lentiscus</i>	Par fumigation : (37.37%) à (40.2 µL/mL)
(Amri et al., 2019)	<i>P. halepensis</i>	Contact direct (20µL/mL) : (61.6%) à 6h (73.3%) à 12h (73.3%) à 24h
		Par fumigation (20µL/mL) : (45%) à 6h (56.6%) à 12h (68.3%) à 24h
	<i>T. capitalus</i>	Contact direct (20µL/mL) : (91.6%) à 6h (100%) à 12h (100%) à 24h
		Par fumigation (20µL/mL) : (75%) à 6h (91.6%) à 12h (100%) à 24h
	<i>R. officinalis</i>	Contact direct (20µL/mL) : (81.6%) à 6h (95%) à 12h (98.3%) à 24h
		Par fumigation (20µL/mL) : (68.3%) à 6h

		(78.3%) à 12h (90%) à 24h
(Adouane et al., 2022)	<i>R. officinalis</i>	Contact direct (2.5mg/mL) : (78.3%) (Espagne) (60%) (Algérie)
		Contact direct (0.5mg/mL) : (35%) (Espagne) 30% (Algérie)
(Abid et al., 2020)	<i>R. officinalis</i>	Contact direct (2.5mg/mL) : (60.78%) (Maroc)
(Haouel et al., 2010)	<i>E. camaldulensis</i>	Par fumigation (13.16µL/mL) : (39.50%) à 24h
	<i>E. rudis</i>	Par fumigation (13.16µL/mL) : (87.73%) à 24h

Les huiles essentielles sont apparues efficaces sur les ravageurs (*E. ceratoniae*) en utilisant techniques à savoir fumigation, c'est à dire en pulvérisant ces dernières sur les palmiers dattier sous forme de fumée, ou par contact direct sur les insectes.

En utilisant la méthode du fumigeant, les résultats les plus satisfaisant sont visibles après un délai de 24h et à une concentration de 20µL/mL. En effet, les valeurs obtenues du taux de mortalité chez les larves oscillent entre 39.50% pour *E. camaldulensis* (Haouel et al., 2010) et 100% pour *T. capitatus* (Amri et al., 2019). Pour *R. officinalis* il est aussi clair qu'au bout d'un jour de temps le taux de mortalité est de 90% chez les larves.

Avec l'utilisation prématurée de la même méthode et à même concentration, l'efficacité est visible dès 12h pour l'espèce *R. officinalis* avec un taux de 78.3% et dès 6h pour *T. capitatus* avec la valeur significative de 75% d'après les travaux réalisés par Amri et al. (2019).

La méthode de contact direct des huiles essentielles sur les insectes d'*E. ceratoniae* semble montrer ces preuves. En effet, pour un délai de 24h d'observation et à une concentration de 20µL/mL le taux de mortalité des larves oscille entre 73.3% et 100% pour l'étude de Amri et al. (2019) pour les espèces respectives de *P. halepensis* et *T. capitalus*.

Les résultats de cette même technique montrent des valeurs très élevés pour chacune des espèce à partir de 12h pour *R. officinalis* avec 95% de mortalité et dès 6h pour l'espèce *T. capitalus* avec un taux de 91.6% (Amri et al., 2019).

En synthétisant, les valeurs obtenues quant à la toxicité des huiles essentielles de différentes plantes envers les larves du ravageur *E. ceratoniae*, l'espèce *T. capitalus* propose les meilleurs taux et donc la meilleure efficacité à une concentration de 20µL/mL après 24h d'application par fumigation (100%) et après seulement 12h par contact direct (100%).

4.1.3. Effets des huiles essentielles sur les différents paramètres biologiques des larves

A travers cette rubrique, notre présente synthèse tente de mettre la lumière sur l'influence des différentes huiles essentielles sur les paramètres biologiques des larves de ravageurs d'*E. ceratoniae*. Les résultats obtenus sont retranscrits comme suit (voir tableau 9).

Tableau 9. Tableau récapitulatif de l'influence des huiles essentielles sur le paramètre biologiques d'*E. ceratoniae*.

Auteurs	Espèce	Résultats
(Amri et al., 2019)	<i>P. lentiscus</i>	Taux de copulation chez les insectes : De 30% (sans HE) À 6.66% (avec HE) Longévité : 1.1-2.3 (Femelle) 2.0-3.2 (Mâle) Fécondité et taux d'éclosion : De 78 œufs (sans HE) A 35 œufs (avec HE)
	<i>P. halepensis</i>	Taux de copulation chez les insectes : De 35.5% (sans HE) À 14% (avec HE)
	<i>T. capitatus</i>	Taux de copulation chez les insectes : De 63.3% (sans HE) 19 % (avec HE)
	<i>R. officinalis</i>	Taux de copulation chez les insectes : De 49.9% (sans HE)

		À 16.5% (avec HE)
(Adouane et al., 2022)	<i>R. officinalis</i>	Taux de copulation chez les insectes : De 24.86% (sans HE) À 13.67% (avec HE)
(Mnif et al., 2013)	<i>B. subtilis</i> (Bactérie)	Taux de copulation chez les insectes : De 18.26% (sans Bactérie) À 15.71% (avec Bactérie)
(Haouel et al., 2010)	<i>E. camaldulensis</i>	Taux de copulation chez les insectes : De 44.23% (sans HE) À 32.58% (avec HE)
	<i>E. rudis</i>	Taux de copulation chez les insectes : De 22.26% (sans HE) À 14.53% (avec HE)

Afin d'étudier l'effet insecticide des huiles essentielles, il est important d'observer leur action sur les paramètres biologiques des ravageurs de l'espèce faisant l'objet de notre étude synthétique. Le plus important effet néfaste pour les insectes est observé pour le taux de copulation, sous influence de *T. capitatus* avec 63.3% avant l'utilisation et 19% après cette dernière (Amri et al., 2019).

D'autre part, l'espèce *P. lentiscusa* montré les meilleurs résultats avec un passage de 30% (sans HE) à 6.66% (avec HE) quant au taux de copulation des insectes comme le montre l'équipe scientifique de Bachrouh et al. (2010).

Pour finir avec la proportion de copulation chez les ravageurs l'efficacité des HE est classée de façon croissante comme suit : la bactérie *B. subtilis* (de 18.26% à 15.71%), *E. rudis* (de 22.26 à 14.53%), *E. camaldulensis* (de 44.23 à 32.58%), *P. halepensis* (de 35.5 à 14%), *R. officinalis* (de 49.9 à 16.5%), *T. capitatus* (de 63.3 à 19%) et *P. lentiscus* (de 30 à 6.66%).

Néanmoins, le travail de Bachrouh et al. (2010) a présenté une longévité moyenne des ravageurs sous l'action de l'huile essentielle de *P. lentiscus* avec des valeurs de 1.1 à 2.3 jours pour les femelles et 2.0 à 3.2 jours pour les mâles. Cette même étude avance un taux d'éclosion et donc une fécondité dégradant de 78 œufs à 35 œufs par femelle après traitement.

4.2. Discussion générale

4.2.1. Composition chimique des huiles essentielles des plantes étudiées

Les huiles essentielles étudiées dans les travaux sélectionnés dans notre synthèse présentant des compositions riches en composés. Tandis que nous avons remarqué une différence entre les régions. En effet, les huiles issues du Maghreb sont généralement plus riches que les huiles Européennes en ce qui concerne les familles de composés Monoterpéniques oxygénés et les hydrocarbures monoterpéniques. Néanmoins, le profil chimique est nettement supérieur pour les huiles essentielles Italiennes, Espagnoles et Grecques concernant les sesquiterpènes oxygénés comme l'avance l'équipe de Dob et *al.* (2005).

Comme le montre nos résultats, quant à la caractérisation du profil chimique des huiles étudiés, le camphre et l' α -pinène sont les éléments les plus présents en proportions conséquentes chez la plante *R. officinalis* et ce d'après plusieurs études Tunisiennes. C'est dans ce sens que Stamopoulos et *al.* (2007), appuient sur l'importance de cette plante et de ces bienfaits quant à la lutte contre les insectes en générale et celle contre l'espèce *E. ceratoniae* en particulier. Qin et *al.* (2010) explique que *R. officinalis* agit sur le système nerveux de l'insecte en provoquant l'inhibition de la pompe Potassium-ATPasique.

La présente synthèse montre la polyvalence de 1,8-cinéole au sein des huiles d'origines végétales, les études approfondies de Silva et *al.* (2008), montrent que c'est un élément très important quant à la lutte antibactérienne, antifongique et anti-insecte.

4.2.2. Toxicité des HE par fumigation et contact direct

A travers notre synthèse nous avons trouvé que la technique de contact direct est plus efficace que la fumigation en analysant les expériences réalisées sur trois espèces *P. halepensis*, *T. capitalus*, *R. officinalis*. Ceci est expliquer car les huiles essentielles agissent principalement sur le système respiratoire seulement pour la fumigation et sur les systèmes cutanés et respiratoire pour la méthode du contact direct comme l'avacent Rozman et *al.* (2007).

Au contact direct, l'huile essentielle de *R. officinalis* vivants en Espagne est plus efficace que celle vivants en Algérie comme nous avons remarqué dans notre approche. Ceci est confirmé par Carvalhinho et *al.* (2012) qui insiste sur l'importance du climat sur le développement de la capacité insecticide des plantes. De plus, Lawrence (2000), appui sur les bienfaits avantageux du climat méditerranéen sur ces dernières.

D'après les tunisiens Amri et *al.* (2019), l'espèce végétale la plus efficace contre *E. ceratoniae* est le *T. capitatus* avec un taux de mortalité atteignant 100% selon la dose administrée. Ces résultats sont confirmés par les travaux de Kordali et *al.* (2008) et Lucia et *al.* (2009) qui indiquent que sa composition naturelle lui donne une activité très proche de celle des insecticides chimiques présents sur le marché industriel.

4.2.3. Effets des différentes huiles sur les paramètres biologiques

Le paramètre biologique le plus étudié dans les travaux choisis par notre synthèse est le taux de copulation des insectes de genre *E. ceratoniae*. Le taux de copulation des insectes baisse significativement après l'application des huiles essentielles que ce soit par fumigation ou par contact direct. Sur ce point précis, il est clair que c'est l'espèce *P. lentiscus* qui a l'effet le plus remarquable avec une diminution de la proportion de copulation d'un facteur de près de 5.

Ces propos sont corroborés par Maciel et *al.* (2010), qui affirme que *P. lentiscus* est le produit naturel ayant la plus grande activité contre le développement des œufs de *E. ceratoniae* ainsi que les larves d'un jeune âge (moins de 2 jours) comme le prouve les découvertes de Abd El-Salam et *al.* (2011).

La sensibilité des ravageurs aux huiles essentielles est très variable selon l'espèce concernée. En effet, les différentes plantes faisant l'objet de notre étude montrent une influence renforcée de certaines espèces végétales sur *E. ceratoniae* avec une supériorité d'efficacité remarquée pour *P. lentiscus* et *T. capitalus*. Ces affirmations sont exploitées et vérifiées par Bounatirou et *al.* (2007) qui élargit à d'autres espèces et démontre un effet nettement supérieur sur l'espèce *E. Kuehniella*.

Conclusion

Conclusion

Face à une pression phytosanitaire croissante, la filière phoenicicole algérienne se trouve confrontée à des enjeux majeurs qui menacent sa pérennité et sa productivité. Parmi les ravageurs les plus redoutés figure *Ectomyelois ceratoniae*, communément appelée la pyrale des dattes, qui engendre des pertes considérables aussi bien sur le plan quantitatif que qualitatif. Ce lépidoptère, largement répandu dans l'ensemble du bassin méditerranéen, incluant le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Libye et l'Égypte, constitue une menace constante pour la durabilité de la production dattière.

Dans ce contexte, la recherche de méthodes de lutte alternatives, respectueuses de l'environnement, telles que l'utilisation de produits naturels, s'impose comme une priorité. Cette problématique s'inscrit pleinement dans une démarche de préservation de la biodiversité, de réduction de l'usage des pesticides de synthèse, et d'optimisation des systèmes agricoles durables.

Les résultats des études menées sur l'interaction entre la pyrale des dattes et les cultivars de palmier dattier : Deglet Nour, Ghars et Degla Beidha a montré que le taux moyen d'infestation des dattes sans tenir compte du cultivar ne dépassait pas 5 %. Cependant, Deglet Nour est le cultivar le plus infesté ($\approx 8\%$), tandis que, Degla Beidha est le moins touché (1,5%).

Concernant la composition chimique des huiles essentielles déployées pour lutter contre la pyrale des dattes sont riches en Monoterpènes oxygénés et en hydrocarbures monoterpéniques. Le camphre, l' α -pinène et le 1.8-cinéole sont les constituants les plus caractéristiques des huiles ayant un effet insecticide sur *E. ceratoniae*. De manière générale, ces composés sont présents en grande proportion chez *R. officinalis* et *P. Lentiscus*.

La toxicité des huiles essentielles sur le ravageur étudié est accentuée en utilisation la méthode de contact direct, elle est donc plus efficace que par celle de la fumigation. Les HE issues des espèces *P. halepensis*, *T. capitalus*, *R. Officinalis* agissent de manière active en bloquant les systèmes cutanés et respiratoire sous facteur de contact direct. Cette toxicité affecte directement trois facteurs primordiaux de la vie du ravageur à savoir, le taux de copulation, la longévité et la fécondité des femelles. L'huile essentielle de *P. lentiscus* est le produit naturel ayant la plus grande efficacité contre le développement des œufs de *E. Ceratoniae* ainsi que les larves d'un jeune âge.

Pour terminer, de nombreuses études restent à être réalisées dans ce sens pour prouver ces résultats sur le plan agronomique avec amélioration de la production des dattes en Algérie, et surtout dans la région de Biskra. En effet, le palmier dattier est une richesse culturelle et économique, il est donc essentiel de pouvoir mettre fin à l'invasion des ravageurs qui touchent son intégrité sans toutefois mettre en danger la santé de l'homme et l'environnement.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. Abbott, W.S., 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18, pp. 265-267.
2. Abd El-Salam, A.M.E., Nemat, A.M., Magdy, A., 2011. Potency of *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus subtilis* against the cotton leafworm, *Spodopteralittoralis* (Bosid.) Larvae. *Arch. Phytopathol. Plant Prot.* 44, 204-215.
3. Abid I., Laghfiri M. Bouamri R., Aleya L., Bouriou M. 2020. Integrated Pest Management (IPM) for *Ectomyelois ceratoniae* on date palm. *Current Opinion in Environmental Science & Health.* n°20. 39p.
4. Acourene, S., Allam, A., Taleb, B., & Tama, M. (2007). Inventaire des différents cultivars de palmiers dattiers (*Phoenix dactylifera* L.) des régions d'Oued-Righ et d'Oued-Souf (Algérie). *Sécheresse*, pp. 42-135.
5. Adams, R., 2001. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Quadrupole Mass Spectroscopy. Allured, Carol Stream IL, USA.
6. Adouane S., Bouatrous Y., Mehaoua M. S., Tudela J., Mechaala S., Tomas V. 2022. Rosemary essential oil potential as a bio-insecticide for protecting stored dates against the date moth *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae). *J. Crop Prot.* 11 (2): pp. 173-184.
7. Al-Izzi, M., Al-Maliky, S., Younes, M., & Jabbo, N. (1985). Bionomics of *Ectomyelois ceratoniae* Zell. (Lepidoptera :Pyralidae) on pomegrates in Iraq. *Environ. Entomol.* pp. 149-153.
8. Al-Izzi, M.A.J., AL-Maliky, S.K., Jabbo, N.F., 1987. Culturing the carob moth, *Ectomyeloisceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), on an artificial diet. *J. Econ. Entomol.* 80, 277-280.
9. Amri I., Hamrouni L., Hanana M., Jamoussi B., LebdiK.. 2014. Essential oils as biological alternatives to protect date palm (*Phoenix dactylifera* L.) against *Ectomyeloisceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Chilean journal of agricultural research.* n°74(3) pp. 273-279.
10. Arif S, Tree TI, Astill TP, Tremble JM, Bishop AJ, Dayan CM, Roep BO, Peakman M. 2004. Autoreactive T cell responses show proinflammatory polarization in diabetes but a regulatory phenotype in health. *J Clin Invest.* Feb ;113(3) :451-63.

11. Avand-Faghih, A. 2004. Identification et application agronomique de synergistes végétaux de la phéromone du charançon *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) 1790. Thèse de Doctorat de l'INA-PG, Paris. 171 p.
12. Bachrouch O., Mediouni-Ben Jemâa J., WanessWissema., TalouT., Marzouk B., Abderraba M. 2010. Composition and insecticidal activity of essential oil from *Pistacia lentiscus*L. against *Ectomyeloisceratoniae* Zeller and *Ephesiakuehniella* Zeller(Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Stored Products Research. n°46, pp. 242-247.
13. Bakert, C., Franke, W., Millar, J., Lofstedt, C., Hans Son, B., Phelan, P., Todd, J. (1991). . Identification and bioassay of sex pheromone components of carob moth, *Ectomyeloisceratoniae* (Zeller). Journal of Chemical Ecology, pp. 1973-1988.
14. Ben Khalifa, A. (1989). Ressources génétiques du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et la lutte contre la fusariose. Organisation de la variabilité des cultivars du palmier des palmeraies du Sud-ouest algérien. Alger : ENS Kouba.
15. Bernayset Chapman, 1994. Behavior: The Process of Host-Plant Selection. In: Host-Plant Selection by Phytophagous Insects. Contemporary Topics in Entomology, vol 2. Springer, Boston, MA.
16. Bernays, E. A. & Chapman, R. F. Behavior: The process of host-plant selection. in *Host-Plant Selection by Phytophagous Insects* 95–165.
17. Bouguedoura, N., Bennaceur, M., Babahani, S., &Benziouche, S. (2015). Date Palm Status and Perspective in Algeria.
18. Bounatirou, S., S. Smiti, M.G. Miguel, L. Faleiro, M.N. Rejeb, M. Neffati. 2007. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of the essential oils isolated from Tunisian *Thymus capitatus*Hoff. et Link. Food Chemistry 105:146-155.
19. Bourgeois M, Bénézech M. 2001. Dangersité criminologique, psychopathologieetco-morbiditépsychiatrique. Ann MédPsychol ; 159 : 1-12.
20. Carvalhinho, S., Costa, A. and Coelho, A. 2012. Susceptibilities of *Candida albicans* mouth isolates to antifungal agents, essentials oils, and mouth rinses. Mycopathologia, 174: 69-76.
21. Cosse, A., Endris, J., Millar, J., & Baker, T. (1994). Identification of volatile compounds from fungus-infect date fruit that stimulate upwind flight in female *Ectomyeloisceratoniae*. Entomol, pp. 233-238.
22. DeMoraes, C. M., Mescher, M. C., and Tumlinson, J. H. 1998. Caterpillar-induced nocturnal plant volatiles repel conspecific females. Nature 410:577–580.

23. Dhouibi, M. H. (1991). Les principaux ravageurs du palmier dattier et de la datte en Tunisie. Tunisie : I.N.R.A
24. Dob, T., T. Berramdane, and C. Chelgoum. 2005. Chemical composition of essential oil of *Pinus halepensis* Miller growing in Algeria. *Comptes Rendus Chimie* 8:1939-1945.
25. Doumandji, S. (1981). Biologie et écologie de la pyrale des caroubes dans de l'Algérie *Ectomyeloisceratonia* Zeller (Lepidoptera, *pyralidae*). Paris : Université Paris 6
26. Dowson, V. H. (1982). Date production and protection: with special reference to North Africa and the Near East. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
27. Dridi, B., Benddine, F., 2000 Lutte contre la pyrale de la datte *Ectomyeloisceratonia* par l'utilisation de la technique des insectes stériles. SRPV Boufarik, p 3.
28. Dugravot S., Thibout E., Abo-Ghalia A., Huignard J. 2004. How a specialist and a non-specialist insect cope with dimethyl disulfide produced by *Allium porrum*. *Entomologie Experimentalis et Applicata*. Vol 113, Issue 3 p. 173-179.
29. Finney, D.J., 1971. Probit Analysis, third ed. Cambridge University Press, London.
30. Gaspar, P. ; Cases, O. ; Maroteaux, L. 2003. The developmental role of serotonin: News from mouse molecular genetics. *Nat. Rev. Neurosci.* 4, 1002–1012.
31. Ghribi, D., Mnif, I., Boukedi, H., Radhouan, K., Chaabouni-Ellouze, S., 2011b. Statistical optimization of medium components for economical production of *Bacillus subtilis* surfactin, a biocontrol agent for the olive moth *Prays oleae*. *Afr. J. Microbiol. Res.* 5, pp. 4927-4936.
32. Gonzalez, R. (2003). Las pollilas de la fruta en chile (Lepidoptera : *Tortricidae*, *Pyralidae*). Santiago. Santiago Univesidad de chile. *Serie ciencias agronomicas*, pp. 179-188.
33. Gothilf, S., 1975. Establishment of imported parasite *Pentalitomastix plethoricus* (Hymenoptera, Encyrtidae) on *Ectomyeloisceratoniae* in Palestine. *Entomophaga* 23, 299–302.
34. Gothilf, S., Mazor, M., 1964. Release and recovery of imported parasites of the carob moth *Spectrobates ceratoniae* (Lepidoptera: *Pyralidae*) in Palestine. *Isr. J. Entomol.* 21, 19–24.

35. Gouthilf, S. (1969). The biology of the carob moth *Ectomyeloisceratoniae* Zell. in Israel. II. Effect of food, temperature, and humidity on development. Israëljournal of Entomology, pp. 107-116.
36. Hadjeb, M., &Bouaziz, S. (2014) . Investigating teachers' and students' attitudes about the role of extensive reading in improving EFL students' oral reading fluency. (Masters Dissertation, Larbi ben M'HidiUniversity).
37. Haouel, S., Mediouni-Ben Jemâa, J., and Khouja, M.L. 2010. Postharvest control of the date moth *Ectomyeloisceratoniae* using eucalyptus essential oil fumigation. Tunisian Journal of Plant Protection n°5, pp. 201-212.
38. Herrbach B. 1984. Georg Dehio: Verzeichnis seiner Schriften. 47. Bd., H. 3, pp. 392-399.
39. Idder, A. (1984). Inventaire des parasites d'*Ectomyeloisceratoniae*Zeller (Lepidoptera, *Pyrilidae*) dans les palmeraies d'Ouargla et lâchers de *Trichogrammaembryophagum*Hartig (*Hymenoptera*, *Trichogrammatidae*) contre cette pyrale. El- Harrach : Mémoire. Ing. INA
40. Idder, M.A., H. Idder-Ighili, H. Saggou, and B. Pinturea. 2009. Taux d'infestation et morphologie de la pyrale des dattes *Ectomyeloisceratoniae* (Zeller) sur différentesvarietes du palmier dattier *Phoenix dactylifera* (L.) Cahiers Agricultures 18 :63-71.
41. Karlson, P., Lüscher, M. 1959. The Proposed Biological Term 'Pheromone'. Nature 183, 1835.
42. Kordali, S., A. Cakir, H. Ozer, H. Cakmakci, M. Kesdek, and E. Mete. 2008. Antifungal, phytotoxic, and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanumacutidens*and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene. Bioresource Technology 99:8788-8795.
43. Landolt, P. J. and Phillips, T. W. 1997. Host plant influences on sex pheromone behaviour of phytophagous insects. Annu. Rev. Entomol. 42 :371–391.
44. Lawrence, B. M. 2000. Essential oils: from agriculture to chemistry.International Journalof Aromatherapy, 10: 82-98.
45. Le Berre, M. (1978). Mise au point sur le problème du ver de la datte, *Ectomyeloisceratoniae*Zeller. Bull. Agr. Sahar, pp. 1-35.

46. Lucia, A., S. Licastro, E. Zerba, P.G. Audino, and H. Masuh. 2009. Sensitivity of *Aedes aegypti* adults (Diptera: *Culicidae*) to the vapors of Eucalyptus essential oils. *Bioresource Technology* 100:6083-6087.
47. Maciel, M.V., S.M. Morais, C.M.L. Bevilaqua, R.A. Silva, R.S. Barros, R.N. Sousa, et al. 2010. Chemical composition of *Eucalyptus* spp. essential oils and their insecticidal effects on *Lutzomyia longipalpis*. *Veterinary Parasitology* 167:1-7.
48. MADRP. 2017. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et de la pêche. Les statistiques agricole.
49. Mediouni, J., Dhouibi, M.H., 2007. Mass rearing and field performance of irradiated carob moth *Ectomyelois ceratoniae* in Tunisia. In: Area-Wide Control of Insect Pests. National Institute of Agricultural Research of Tunisia, pp. 265-273.
50. Mnif I., Elleuch M., Chaabouni S. E., Ghribi D. 2013. *Bacillus subtilis* SPB1 biosurfactant: Production optimization and insecticidal activity against the carob moth *Ectomyelois ceratoniae*. *Crop Protection* n°50, pp. 66-72.
51. Munier, P. 1973. Le palmier dattier. Maisonneuve & Larose, Paris.
52. Nay, J. E. (2006). Biology, Ecology and Management of the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera: *Pyrilidae*), a pest of dates, *Phoenix dactylifera* L., in southern California. California : Thesis doctorate, university of California Riverside.
53. Ohgushi H., Okumura M., Yoshikawa T., Inoue K., Senpuku N., Tamai S., Shors E.C, 1992. Bone formation process in porous calcium carbonate and hydroxyapatite, *J. Biomed. Mater. Res.* 26 (7) pp. 885–895.
54. Picimbon J. F. 2002. Les péri-récepteurs chimiosensoriels des insectes. *Chemosensory perireceptors of insects*. *Med Sci (Paris)*, 18 : 1089–1094.
55. Qin, W., S. Huang, C. Li, S. Chen, and Z. Peng. 2010. Biological activity of the essential oil from the leaves of *Piper sarmentosum* Roxb. (*Piperaceae*) and its chemical constituents on *Bontispal longissima* (Gestro) (Coleoptera: *Hispididae*). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 96:132-139.
56. Ricci, L.A., G.M. Milesi-Ferretti, and J. Lee (2008). 'Real exchange rates and fundamentals: a cross-country perspective', IMF Working Paper 08/13.
57. Rozman, V., I. Kalinovic, and Z. Korunic. 2007. Toxicity of naturally occurring compounds of *Lamiaceae* and *Lauraceae* to three stored-product insects. *Journal of Stored Products Research* 43:349-355.

58. Schoonhoven, L., van Loon, J. & Dicke, M. 1998. *Insect-plant biology* (Oxford University Press).
59. Silva, W.J., G.A.A. Doria, R.T. Maia, R.S. Nunes, G.A. Carvalho, A.F. Blank. 2008. Effects of essential oils on *Aedes aegypti* larvae: Alternatives to environmentally safe insecticides. *Bioresource Technology* 99:3251-3255.
60. Sokal, R.R., and F.J. Rohlf. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. 887 p. 3rd ed. W.H. Freeman and Co., New York, USA.
61. Stamopoulos, D.C., D. Damos, and G. Karagianidou. 2007. Bioactivity of five monoterpenoid vapours to *Tribolium confusum* (du Val) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research* 43:571-577.
62. Stout, M. J., Fidantsef, A. L., Duffey, S. S. & Bostock, R. M. 1999. Signal interactions in pathogen and insect attack: systemic plant-mediated interactions between pathogens and herbivores of the tomato, *Lycopersicon esculentum*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 54, 115–130.
63. Strebl, G. 1989. Les médiateurs chimiques. Leur incidence sur la bioécologie des animaux. INA Paris-Grignon, France.
64. Tumlinson, J. H. Turlings, T. C. J., & Lewis, W. J. 1993. Exploitation of herbivore-induced plant odors by host-seeking parasitic wasps. *Science* 250, 1251–1253.
65. Van den Dool, H. and Kratz, P. D. 1963. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography*, 11: pp. 463-471.
66. Van Lenteren J. C, Van der Kamp, R. J. 1981. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. Vol. 92, Issue 1-5 pp. 149-159.
67. Verheggen F. J. , Arnaud L., Bartram S., Gohy M. & Haubruge E. 2008. Aphid and Plant Volatiles Induce Oviposition in an Aphidophagous Hoverfly. *Journal of Chemical Ecology* volume 34, pp. 301–307.
68. Vet, L. E. M. & Dicke, M. 1992. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annu. Rev. Entomol.* 37, 141–172.
69. Vilardebo, A. (1975). Enquête et diagnostic sur les problèmes phytosanitaires entomologiques dans les palmeraies de dattier du Sud-Est algérien. *Bull. Agr. Sahar*, pp. 1-21.

70. Warner R. L., Barnes M. M., Laird E. F. 1990. Chemical Control of a Carob Moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: *Pyrilidae*), and Various Nitidulid Beetles (*Coleoptera*) on 'Deglet Noor' Dates in California. Entomological Society of America. n°90, pp. 2357-2361.
71. Watt, F. M., and Green, H. (1990). Involucrin synthesis is correlated with cell size in human epidermal cultures. J. Cell Biol. 90, 738-742.
72. Weinzierl R. A., Jones C. J., Releases of *Spalangia nigroaenea* and *Muscidifurax zaraptor* (Hymenoptera: *Pteromalidae*) Increase Rates of Parasitism and Total Mortality of Stable Fly and House Fly (Diptera: Muscidae) Pupae in Illinois Cattle Feedlots, Journal of Economic Entomology, Volume 91, Issue 5, 1 October 1998, pp. 1114–1121.
73. Wertheimer, M. (1958). Un des principaux parasites du palmier dattier algérien. Le myelois.

Site internet :

1. Google Maps (2023).

Résumés

Résumés

ملخص:

تمثل التمور مصدرًا هامًا للدخل الزراعي للسكان الذين يعيشون في المناطق الصحراوية، سواء من الناحية الغذائية أو الاقتصادية. لكن هذه الثروة تتعرض للخطر بسبب هجمات دودة التمر *E. ceratoniae* (Pyrale)، والتي تسبب خسائر فادحة في الكمية والنوعية. ويعد استخدام الزيوت العطرية أحد الحلول الأكثر واعدة، وذلك بفضل نشاطها الحشري الذي تم إثباته في الدراسات المختارة لتوليفنا. يعد الكافور، وألفا بينين، و8،1-سينول من بين المكونات الأكثر تميزًا للزيوت ذات التأثير المبيد للحشرات على *E. ceratoniae*. يظهر الزعتر *T. capitatus* أعلى فعالية بعد العلاج لمدة 24 ساعة بتركيز 20 ميكرو لتر/مل. ومن ناحية أخرى، يعد زيت *P. lentiscus* العطري المبيد الحشري الطبيعي الأكثر فعالية ضد تطور بيض *E. ceratoniae*.

الكلمات المفتاحية: نخيل التمر، *E. ceratoniae*، زيت عطري، حفار، مبيد حشري طبيعي.

Résumé

Les dattes représentent une source de revenus agricole significative pour les populations vivant dans les régions désertiques, tant sur le plan nutritionnel qu'économique. Toutefois, cette richesse est mise en péril par les attaques de la teigne des dattes (pyrale) *E. ceratoniae*, qui engendrent d'énormes pertes tant quantitatives que qualitatives. L'utilisation d'huiles essentielles émerge comme l'une des solutions les plus prometteuses, grâce à leur activité insecticide démontrée dans les études retenues pour notre synthèse. Le camphre, l' α -pinène et le 1,8-cinéole figurent parmi les composants les plus distinctifs des huiles ayant un effet insecticide sur *E. ceratoniae*. Le thym *T. capitatus* présente la plus grande efficacité après un traitement de 24 heures à une concentration de 20 $\mu\text{L/mL}$. En revanche, l'huile essentielle de *P. lentiscus* est l'insecticide naturel le plus performant contre le développement des œufs de *E. ceratoniae*.

Mots clés : Palmier dattier, *E. ceratoniae*, huile essentielle, pyrale, insecticide naturel.

Abstract :

Dates represent a significant source of agricultural income for populations living in desert regions, both nutritionally and economically. However, this wealth is jeopardized by attacks from the date moth (pyralid) *E. ceratoniae*, which causes enormous losses in both quantity and quality. The use of essential oils emerges as one of the most promising solutions, thanks to their insecticidal activity demonstrated in the studies selected for our review. Camphor, α -pinene, and 1,8-cineole are among the most distinctive components of oils with an insecticidal effect on *E. ceratoniae*. Thyme *T. capitatus* shows the greatest efficacy after a 24-hour treatment at a concentration of 20 $\mu\text{L/mL}$. In contrast, *P. lentiscus* essential oil is the most effective natural insecticide against the development of *E. ceratoniae* eggs.

Keywords: Date palm, *E. ceratoniae*, essential oil, borer, natural insecticide.