

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة قاصدي مرباح - ورقلة
UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA

كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم العلوم الفلاحية
Département des Sciences Agronomiques



THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat 3^{ème} cycle

En sciences agronomiques

Spécialité : Phytprotection et Environnement

**Effacité des extraits de quelques plantes spontanées issues de la région
du M'zab dans la lutte biologique contre la cochenille blanche du
palmier dattier *Parlatoria blanchardi* et la mineuse de la tomate *Tuta
absoluta***

Présentée et soutenue publiquement le 20/10/2019

Par : **BABAOUSMAIL Mahfoud**

Devant le jury composé de :

Présidente	BISSATI-BOUAFIA Samia	Pr (Université de Ouargla)
Directeur de thèse	IDDER Mohamed Azzedine	Pr (Université de Ouargla)
Co- directeur de thèse	KEMASSI Abdellah	MCA (Université de Ghardaia)
Rapporteur	ABABSA Labeled	Pr (Université de Oum El Baouaghi)
Rapporteur	SEKOUR Makhlof	Pr (Université de Ouargla)

Année universitaire : 2018/2019

Dédicaces

A ma chère mère et cher père

A mon épouse

A mes frères et ma sœur

A toute ma famille

A tous mes amis

Je dédie ce travail

Remerciements

C'est avec un immense plaisir que je réserve ces lignes en reconnaissance à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à ce travail.

J'exprime ma plus profonde reconnaissance au Professeur IDDER Mohamed Azzedine. (Professeur, Enseignant chercheur à l'Université Kasdi Merbah Ouargla), de m'avoir accordé sa confiance et m'a fait l'honneur en acceptant la direction de ma thèse. Sa solide expérience, sa disponibilité et ses précieux conseils et orientations m'ont permis d'avancer plus loin, afin d'aboutir à ce travail.

Je remercie également Docteur KEMASSI Abdellah (Enseignant chercheur au département de biologie à l'université de Ghardaia), qui a co-encadré ce travail, pour ces précieux conseils et sa disponibilité tout au long de cette recherche.

J'adresse mes sincères remerciements au Docteur MURRAY Isman pour m'avoir accueilli au sein de son laboratoire à l'université de la Colombie Britannique UBC, Canada.

Je remercie aussi le Professeur FREDERIC Francis pour m'avoir accueilli dans son laboratoire d'entomologie fonctionnelle et évolutive au sein de l'université de Liège, Gembloux Agro Bio-Tech, Belgique

Je remercie tout particulièrement Madame BISSATI-BOUAFIA Samia, Professeur au département d'agronomie d'université Kasdi Merbah Ouargla, qui a bien voulu présider le jury de cette soutenance.

Je tiens à remercier aussi Monsieur ABABSA Labed, Professeur au département de sciences de la nature et de la vie de l'université Oum El Baouaghi, et Monsieur SEKOUR Makhoulouf, Professeur et chercheur au département d'agronomie d'université Kasdi Merbah Ouargla pour avoir accepté de juger ce travail. Merci pour vos remarques et conseils fructueux. Permettez moi ainsi de vous exprimer ma profonde gratitude, ma vive reconnaissance et mes profonds respects.

J'adresse également mes sincères remerciements à tous les personnels enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Kasdi Merbah Ouargla et le laboratoire Phoenix.

Liste des figures

Figure 1. Représentation schématique du palmier dattier.....	6
Figure 2. Cycle de vie de <i>Parlatoria blanchardi</i>	9
Figure 3. Répartition géographique de la mineuse de la tomate <i>T. absoluta</i>	13
Figure 4. Cycle de vie de la mineuse de la tomate <i>T. absoluta</i>	15
Figure 5. Démarches de vérification de l'effet des pesticides d'origine végétale au laboratoire	23
Figure 6. Exemples de quelques molécules végétales insecticides et leurs plantes d'origine.....	25
Figure 7. Nombre des recherches publiées selon le pays.....	28
Figure 8. Les insectes ravageurs testés selon leurs ordres taxonomiques	29
Figure 9. Forme des préparations végétales utilisées dans les bio-essais	30
Figure 10. Caractérisations chimiques et inclusion des témoins positifs dans les bio-essais	31
Figure 11. Montage d'extraction par reflux.....	45
Figure 12. Montage d'hydrodistillation.....	47
Figure 13. Méthode d'évaluation de l'activité répulsive	53
Figure 14. Méthode d'infestation des folioles pour le test d'effet de mortalité	55
Figure 15. Effet répulsif de l'extrait de <i>R. communis</i> comparé au témoin	57
Figure 16. Effet répulsif de l'extrait de <i>P. harmala</i> comparé avec le témoin	57
Figure 17. Effet répulsif de l'extrait de <i>C. colocynthis</i> comparé avec le témoin	58
Figure 18. Altérations observées sur les boucliers des larves de <i>Parlatoria blanchardi</i> témoins et traitées.	62
Figure 19. Photographie au MEB montrant des pores triloculaires	67
Figure 20. Observation microscopique de la femelle adulte de <i>Phenacoccus fraxinus</i> (Hemiptera : Coccoidea)	68
Figure 21. Schéma des principales étapes du bio-essai comportemental et anti oviposition	73
Figure 22. Schéma des principales étapes du bio-essai ovicide	75
Figure 23. Effet de l'extrait de <i>P. harmala</i> sur le comportement des adultes de <i>T. absoluta</i>	76
Figure 24. Effet de l'extrait de <i>R. communis</i> sur le comportement des adultes de <i>T. absoluta</i>	77

Figure 25. Effet de l'extrait de <i>C. colocynthis</i> sur le comportement des adultes de <i>T. absoluta</i>	78
Figure 26. Effet de l'extrait de <i>R. communis</i> sur la mortalité des œufs de <i>T. absoluta</i>	80
Figure 27. Effet de l'extrait de <i>P. harmala</i> sur la mortalité des œufs de <i>T. absoluta</i>	81
Figure 28. Effet de l'extrait de <i>C. colocynthis</i> sur la mortalité des œufs de <i>T. absoluta</i>	82

Liste des tableaux

Tableau 1. Différentes utilisations des fruits et sous-produits du palmier dattier.	8
Tableau 2. Liste des bio-essais publiées en Afrique du nord, la liste est classés selon l'ordre taxonomiques des insectes ravageurs testés	33
Tableau 3. Détails de la récolte des plantes	42
Tableau 4. Concentrations des extraits aqueux.....	47
Tableau 5. Résultats de criblage phytochimique des extraits des plantes étudiées	48
Tableau 6. Test post-hoc de Tukey pour déterminer la différence des traitements ..	55
Tableau 7. Concentrations létales 50 et 90 (CL ₅₀ et CL ₉₀) des extraits de <i>R. communis</i> <i>P. harmala</i> et <i>C. colocynthis</i> . Vis-à-vis des larves du premier stade de la cochenille blanche <i>P. blanchardi</i>	60
Tableau 8. Mortalité cumulée des larves témoins et traitées par les extraits de trois plantes testées selon le test du Tukey.....	61
Tableau 9. Test de l'effet des extraits testés sur la ponte des œufs des adultes femelles de <i>Tuta absoluta</i>	79
Tableau 10. Pourcentage des œufs non éclos de <i>T. absoluta</i> après 6 jours de traitement	79

Liste des photographies

Photo 1. Adulte de <i>Cybocephalus seminulum</i> en train de se nourrir d'un individu de <i>P. blanchardi</i>	10
Photo 2. Incinération des palmes d'un pied infesté	11
Photo 3. La plante de Ricin <i>Ricinus communis</i>	42
Photo 4. Plante EL-Harmel <i>Peganum harmala</i>	43
Photo 5. Plante de la coloquinte <i>Citrilllus colocynthis</i>	44
Photo 6. Les morceaux de folioles préparés pour les bio-essais	52
Photo 7. Larves L1 mobiles observées sur une foliole non-infestée chez le traitement (témoin)	59
Photo 8. Plants de la tomate (5 semaines après le semis)	70
Photo 9. Cage d'élevage de <i>Tuta absoluta</i>	71

Liste des abréviations et acronymes

ANOVA Analysis of variance

CL₅₀ La concentration létale 50

CL₉₀ La concentration létale 90

CLHP La chromatographie en phase liquide à haute performance

Co Contact

CPG/SM La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse

EX Extrait

FAO Food and Agriculture Organisation

Fu Fumigation

HE Huile essentielle

In Ingestion

IRAC Insecticide Resistance Action Committee

MEB Microscopie électronique à balayage

P Probability value

Table des matières

Introduction générale.....	1
I. PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	4
Chapitre 1. Bio-écologie des ravageurs étudiés : la cochenille blanche et la mineuse de la tomate.....	4
1. La cochenille blanche.....	4
1.1 Position systématique.....	4
1.2. Répartition géographique	4
1.3. Plante hôte : Le palmier dattier <i>Phoenix dactelyfera</i>	5
1.4. Biologie	8
1.5. Symptômes et dégâts.....	9
1.6. Moyens de luttés.....	9
2. La mineuse de la tomate.....	12
2.1. Position systématique.....	12
2.2. Répartition géographique	12
2.3. Plante hôte : La tomate <i>Lycopersicum esculentum</i>	13
2.4. Biologie	14
2.5. Symptômes et dégâts.....	15
2.6. Moyens de lutte	16
Chapitre 2. La lutte biologique et les biopesticides d'origine végétale.....	18
1. Introduction	18
2. La lutte biologique.....	18
2.1. Les moyens de la lutte biologique	19
2.1.1. Epannage d'extraits végétaux.....	19
2.1.2. Lutte variétale ou utilisation de la résistance des plantes	19
2.1.3. Etablissement d'une confusion sexuelle	20
2.1.4. Lutte autocide ou lutte génétique.....	20
2.1.5. Lutte microbiologique	21
2.1.6. Préservation ou lâcher des prédateurs	21

2.1.7. Epannage de parasites.....	21
2.1.8. Préservation ou lâcher de parasitoïdes.....	22
3. Généralités sur les biopesticides d'origine végétale.....	22
3.1. Avantages et inconvénients	22
3.2. Critères du choix des plantes.....	23
3.3. Quelques exemples des produits commercialisés et leurs mode d'action	23
4. Situation de la recherche dans les bio-insecticides d'origine végétale en Afrique du nord	27
4.1. Les recherches publiés selon les pays.....	27
4.2. Insectes utilisés dans les tests biologiques	28
4.3. Types d'insecticides botaniques testés.....	29
4.4. Caractérisation chimique des plantes et inclusion du témoin positif.....	30
5. Conclusion.....	39
II. PARTIE EXPERIMENTALE	40
Chapitre 3. Extraction et étude phytochimique de quelques plantes spontanées à effet insecticides	40
1. Introduction	40
2. Matériel et méthodes	40
2.1. Sélection et récolte des plantes.....	40
2.2. Préparation des extraits par reflux	44
2.3. Calcul de la concentration :	45
2.4. Criblage phytochimique	45
2.6. Extraction des huiles essentielles	46
3. Résultats	47
3.1. Les extraits aqueux	47
3.2. Criblage phytochimique des extraits bruts	48
3.4. Les huiles essentielles.....	48
4. Discussion	48
5. Conclusion.....	50

Chapitre 4. Évaluation de l'activité larvicide et répulsive des extraits aqueux sur la cochenille blanche du palmier dattier <i>Parlatoria blanchardi</i>	51
1. Introduction	51
2. Matériel et méthodes	51
2.1. Évaluation de l'effet répulsif.....	51
2.2. Évaluation de la toxicité	53
2.3. Analyse statistique.....	54
3. Résultats	55
3.1. L'activité répulsive.....	55
3.2. Evaluation de la toxicité	59
4. Discussion	62
4.1. L'activité répulsive des extraits.....	62
4.2. Effet sur la mortalité des larves	64
4.3. Concentrations létales CL ₅₀	65
4.4. Symptômes observés sur le bouclier	66
5. Conclusion.....	68
Chapitre 5. Effet ovicide et anti oviposition des extraits aqueux sur la mineuse de la tomate <i>Tuta absoluta</i>	69
1. Introduction	69
2. Matériel et méthodes	70
2.1. Les plants de la tomate	70
2.2. L'élevage du <i>Tuta absoluta</i>	71
2.3. Bio-essai comportemental	71
2.4. Evaluation de l'effet ovicide	73
2.5. Analyses statistique	75
3. Résultats	76
3.1. Comportement des adultes de <i>T. absoluta</i> vis-à-vis aux plantes traitées par les extraits	76
3.2. L'effet anti ovopositeur des extraits	79
3.3. L'effet ovicide des extraits	79

4. Discussion	82
4.1. L'effet des extraits sur le comportement des adultes de <i>T. absoluta</i>	82
4.2. Evaluation de l'effet ovicide	83
5. Conclusion	84
Conclusion générale	85
Recommandations et perspectives	86
Références bibliographiques :	88

Introduction générale

Le Sahara est le plus grand des déserts, mais également le plus expressif et typique par son extrême aridité, c'est à dire celui dans lequel les conditions désertiques atteignent leur plus grande âpreté (Toutain, 1979 et Ozenda, 1991).

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) représente la principale culture fruitière dans les zones arides des pays arabes où il a besoin d'un climat chaud, ensoleillé et une bonne irrigation (El juhany, 2010).

La phœniciculture est l'une des plus anciennes cultures fruitières connues, elle est cultivée pendant au moins 5000 ans. En 2014, la production mondiale de la datte est estimée à environ 8 millions de tonnes avec une valeur marchande totale supérieure à 1 milliard US \$ (FAO 2017).

La palmeraie algérienne est essentiellement localisée dans la partie Sud-Est du pays. Elle couvre une superficie de 128.800 ha, environ 14.605 030 palmiers dont 9.641.680 constituent le potentiel productif soit 66 %. La production est estimée à 492.217 tonnes dont 244.636 tonnes (50 %) de dattes demi molles (DegletNour), 164.453 tonnes (33 %) de dattes sèches (Degla Beida et analogues) et 83.128 tonnes (17 %) de dattes molles (Chars et analogues) (Felliachi, 2005).

La palmeraie est un écosystème très particulier à trois strates. La strate arborescente, la plus importante est représentée par le palmier dattier *Phoenix dactylifera* ; la strate arborée composée d'arbres. Enfin, la strate herbacée constituée par les cultures maraichères, fourragères, céréalières, condimentaire ... etc (Toutain, 1979).

Parlatoria blanchardi ou la cochenille blanche reste l'ennemi naturel le plus redoutable du palmier dattier dans les pays comme l'Iran, l'Irak, la Jordanie, la Syrie, la Turquie, l'Arabie saoudite, l'Egypte et l'Algérie (Cockerell, 1907; Stickney, 1934). Cette espèce peut infester toutes les parties du palmier dattier, le rachis, les fruits et surtout les feuilles âgés (Dabbour, 1981; Idder *et al.*, 2015; Swaminathan et Verma, 1991). Ses sécrétions à l'intérieur des feuilles contiennent des toxines qui endommagent la chlorophylle (Iperti et Laudeho, 1969). Les infestations élevées de la cochenille blanche affaiblissent le palmier dattier en inhibant la transpiration et la photosynthèse (Gharib, 1973).

La tomate *Lycopersicum esculentum* Mill appartient à la famille des solanacées, d'origine tropicale, comme c'est une culture à cycle assez court qui donne

un haut rendement, elle a de bonnes perspectives économiques et la superficie cultivée s'agrandit de jour en jour (Peralta *et al.*, 2006).

La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae) devient le déprédateur invasif le plus dangereux des cultures de tomates en provoquant jusqu'à 100% de pertes de rendement lorsqu'il n'est pas traité (Desneux *et al.*, 2010). En outre, il a été démontré que *T. absoluta* peut avoir d'autres hôtes que la tomate telles que les aubergines, les pommes de terre et les poivrons (Samir *et al.*, 2015) ce qui représente une menace potentielle pour les producteurs maraîchères.

Actuellement, La lutte chimique est le moyen le plus utilisé dans le monde entier pour lutter contre les ravageurs des cultures (Franco *et al.*, 2009). L'impact négatif d'utilisation intensive des pesticides conventionnels est largement constaté. Elle peut provoquer des maladies graves sur la santé humaine comme des cancers, menacer la biodiversité et polluer l'environnement (Aktar *et al.*, 2009; Bassil *et al.*, 2007; Geiger *et al.*, 2010).

Les extraits et les huiles essentielles des plantes offrent un alternatif plus sain par ces métabolites secondaires bioactifs contre les ravageurs des cultures telles que la nicotine, strychnine et les limonoïdes (Regnault-Roger *et al.*, 2002).

Le Sahara dispose d'une biodiversité floristique exceptionnelle, constituée de plus de 500 espèces (Ozenda, 1991), dont il est dénombré 162 espèces endémiques dans le Sahara septentrional seul et à laquelle s'ajoute une tradition séculaire de pharmacopée traditionnelle. Plusieurs espèces sont connues pour leurs propriétés thérapeutiques remarquables (Quézel, 1978). Les plantes spontanées des zones arides sont considérées comme l'une des ressources phytogénétiques qui présentent un intérêt agronomique, économique, écologique mais aussi stratégique (UNESCO, 1960).

C'est dans ce cadre que nous avons jugé utile de tester l'efficacité de certaines plantes spontanées qui poussent en régions sahariennes dans le cadre de la lutte biologique contre deux principaux ravageurs, à savoir : la cochenille blanche du palmier dattier *Parlatoria blanchardi* et la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*.

Nos investigations porteront sur le choix des plantes spontanées issues de la végétation saharienne.

Ce volet portera également sur la connaissance de la composition chimique des extraits issus de ces plantes et la possibilité d'utiliser de ces extraits végétaux afin d'améliorer les conditions de lutte.

D'une manière générale nos objectifs visent à lutter contre deux ravageurs, l'un du palmier dattier, l'autre de la tomate (deux cultures stratégiques) par des méthodes biologiques en attendant d'obtenir des résultats encourageants.

La présente thèse est divisée en deux parties ; l'une consacrée à la recherche théorique, elle-même est composée par deux chapitres, le premier sur la bio-écologie des ravageurs étudiés et le deuxième est une synthèse des travaux de recherches sur la lutte biologique et les biopesticides d'origine végétales particulièrement en Afrique du Nord. La seconde partie porte sur notre travail expérimental ; articulée en trois chapitres : l'extraction et l'étude phytochimique des plantes, les bio-essais contre la cochenille blanche du palmier dattier et les bio-essais contre la mineuse de la tomate.

I. PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1. Bio-écologie des ravageurs étudiés : la cochenille blanche et la mineuse de la tomate.

1. La cochenille blanche

Parmi les déprédateurs les plus redoutables du palmier dattier, *Parlatoria blanchardi*, connue depuis fort longtemps dans les oasis algériennes (Balachowsky, 1953).

1.1 Position systématique

En se basant sur les caractères morphologiques des mâles et femelles, Balachowsky (1953) a proposé une nouvelle classification des cochenilles, ainsi la position systématique de la cochenille blanche du palmier dattier est la suivante :

Ordre : Homoptera

Sous ordre : Sternorrhyncha

Super famille : Coccidae

Famille : Diaspididae

Genre : *Parlatoria*

Espèce : *Parlatoria blanchardi* Targioni-Tozzetti, 1868

1.2. Répartition géographique

La cochenille blanche du palmier dattier *Parlatoria blanchardi* est originaire de la Mésopotamie, son aire de répartition s'étend des oasis du Panjab (Inde) aux régions sud maghrébines en passant par l'Iran, l'Irak, Palestine, Jordanie, Syrie, Turquie, l'Arabie saoudite, l'Egypte et la Tripolitaine (Iperti, 1970). Elle est actuellement présente dans toutes les régions de culture du palmier dattier, à l'exception des USA où elle a été déclarée disparue en 1936 par une campagne d'éradication lancée par Boyden en 1929 après son introduction en 1890 avec de matériel végétal importé d'Algérie et de l'Egypte. En Afrique elle est signalée au Soudan, République de Somalie, Mauritanie, Niger et Tchad (Munier, 1973). Elle est aussi introduite en Australie en 1894, au Brésil en 1929 et en 1935 en Argentine et dans les nouvelles plantations du Turkestan (Smirnoff, 1954).

1.3. Plante hôte : Le palmier dattier *Phoenix dactelyfera*

Le palmier dattier (Figure 1) est une plante de l'embranchement (ou) division des Angiospermes de la classe des Monocotylédones, classé dans :

- Le groupe des Spadiciflores
- L'ordre des Palmales ou Arecales,
- La famille des palmacea juss.
- La sous- famille des Coryphoideae
- La tribu des Phoeniceae
- Le genre Phœnix L .
- L'espèce *Phœnix dactylifera* L.

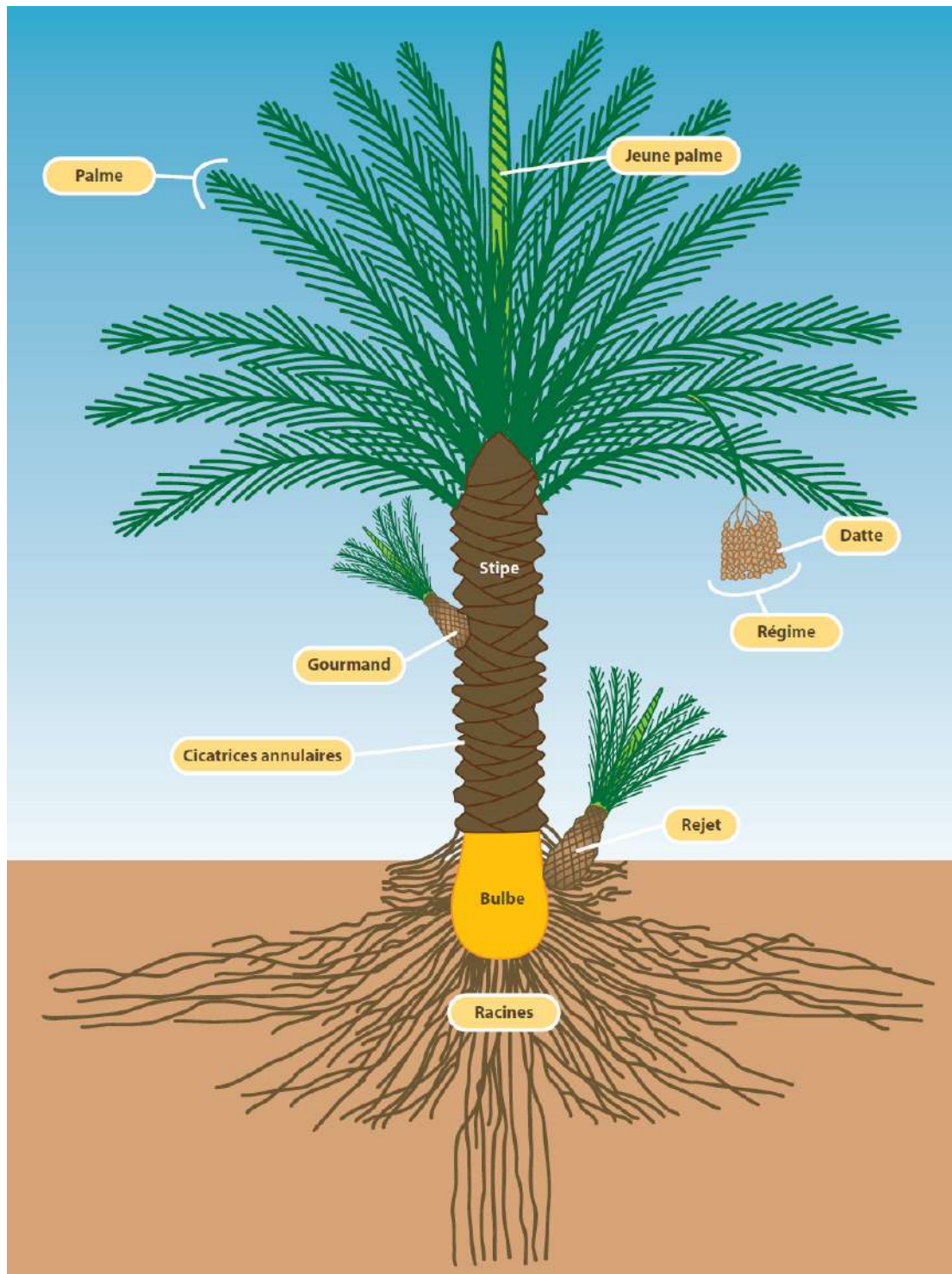


Figure 1. Représentation schématique du palmier dattier. Source : <http://www.relais-sciences.org/>

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) est un arbre fruitier qui pousse dans les régions chaudes et humides en particulier en Afrique du nord et au moyen orient. Il joue à la fois un rôle économique grâce à la production des dattes qui constituent la

base de l'alimentation humaine et animale, et un rôle écologique, il protège du vent et de l'avancée du désert (Abdelouahhab, et Arias-Jimenez, 1999).

Le palmier dattier produit annuellement des dattes, fruits mielleux qui constituent l'aliment vital pour les populations du désert. Sa haute valeur énergétique (300 Kcal, 5 fois l'orange et 4 fois le raisin), sa richesse en fibre, en minéraux et en vitamines (A, B) font de la datte un aliment d'un grand intérêt nutritif. Sur le plan pharmaceutique, les dattes pourraient être utilisées comme calmants contre les insomnies et les ballonnements. Des suspensions de pollen de palmier dattier sont traditionnellement utilisées contre l'infertilité masculine dans l'ancienne Egypte dans les contrées du Golfe persique (Al-Farsi *et al.*, 2008). Les dattes constituent la principale production de rente des palmeraies. Elles font l'objet d'un marché international important par son volume et par les revenus en devises qu'elles permettent d'obtenir pour les pays exportateurs (Al-Yahyai *et al.*, 2012).

Le palmier dattier fournit aux oasiens en complément de cheptel, une gamme très large de produits vitaux. En effet, toutes les parties de la plante sont valorisées (Tableau 1).

Tableau 1. Différentes utilisations des fruits et sous-produits du palmier dattier. Source : Meraneh (2010)

Partie de l'arbre	Ses utilisations
Dattes	Consommation humaine (dattes nature, sous forme transformée, aliment pour le bétail (déchets des dattes et les noyaux), biocarburant, cosmétique
Palmes	Bois de chauffage, ombrage, clôture
Folioles	Vannerie, cordes, aliment pour le bétail, cure-dents (épines)
Rachis	Bois de chauffage, fibres
Spadices	Cordes et bois de chauffage
Lif	Cordes, couffins, filets
Stipe	Bois de chauffage et d'oeuvre (menuiserie, canaux d'irrigation)
Coeur de palmier	Nourriture
Sève	Boisson
Pollen	Médicaments

1.4. Biologie

Stickney (1934), Ferris (1937) et Balachowsky (1953) ont donné de *P. blanchardi* des études morphologiques détaillées. D'un point de vue biologique, comme chez toutes les cochenilles Diaspines, les femelles et les mâles évoluent suivant deux types de développement différents à partir du second stade (Figure 2). La larve du premier stade, après une période de vie mobile se fixe et commence la sécrétion d'un bouclier de couleur blanche. Elle secrète après la première mue un deuxième bouclier aplati dans lequel reste inclu celui du premier stade. Une deuxième mue donne naissance à la femelle adulte dont le bouclier conserve comme précédemment, ceux des stades antérieurs. Sur une population d'insecte connue, l'estimation de l'âge de chacun des stades peut être faite en considérant uniquement l'aspect des boucliers de chacun des individus. Le mâle offre un développement différent. Il forme sous son bouclier une protonympe (prénympe) et une deutonympe (nympe) avant de devenir adulte en abandonnant à l'éclosion son

bouclier vide sur la foliole. Le bouclier des mâles possède une forme caractéristique beaucoup plus allongée que celui des femelles.

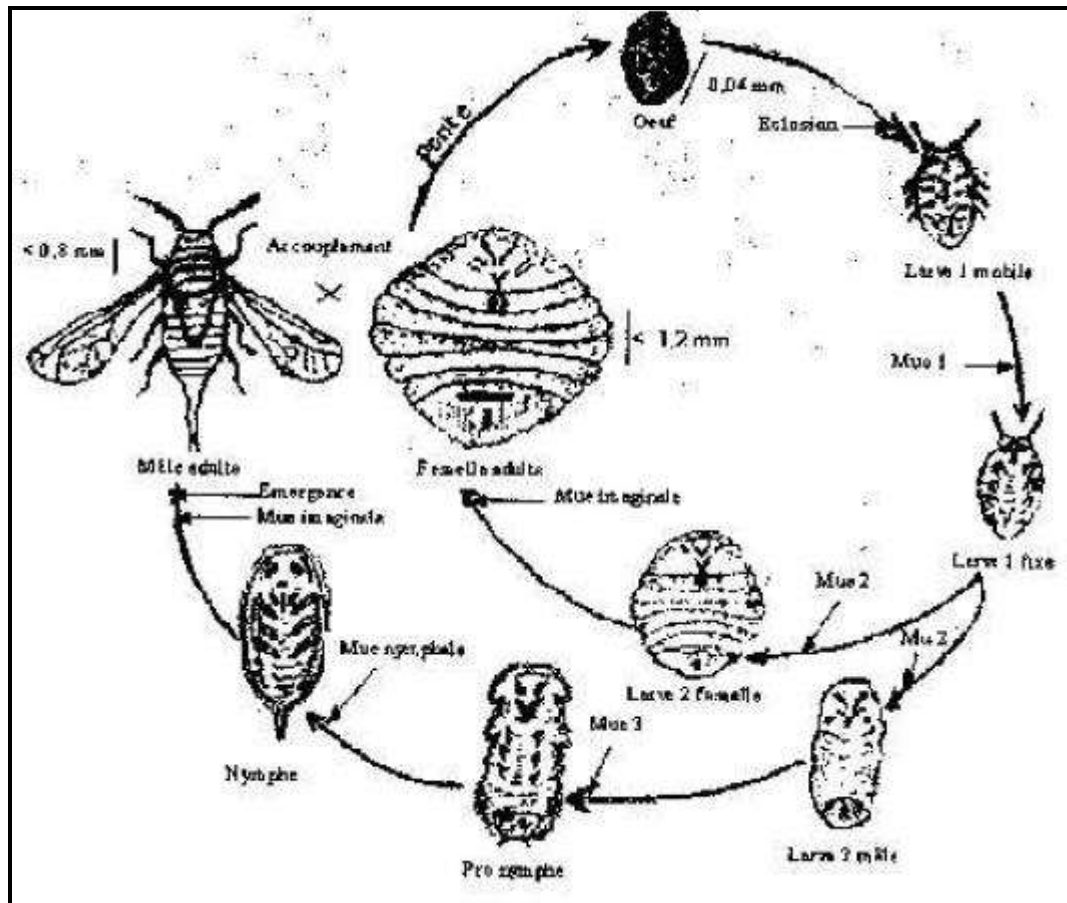


Figure 2. Cycle de vie de *Parlatoria blanchardi*. Source : Balachowsky (1950)

1.5. Symptômes et dégâts

En effet, le peuplement intense de la cochenille blanche n'entrave pas seulement le développement normal de la plante, mais il cause également le dessèchement prématuré des Djerid et peut conduire à la perte totale d'un végétal aussi robuste et résistant que le palmier dattier (Smirnoff, 1954). Actuellement en Algérie, il n'existe aucune région phoenicicole indemne de l'attaque par *P. blanchardi* (Idder, 1991).

Parlatoria blanchardi attaque essentiellement les palmiers et plus particulièrement le palmier dattier *Phoenix dactylifera*.

1.6. Moyens de luttés

1.6.1. Lutte biologique

La lutte biologique consiste à utiliser les auxiliaires naturels pour éliminer ou du moins réduire le nombre des diaspines. A Ouargla et sur trois biotopes différents,

Zenkhrî en 1988 a signalé parmi les prédateurs locaux, une coccinellidae *Pharocymnus semiglobosus* qui détient le taux de prédation le plus important et c'est le seul qui répond aux conditions d'élevage. Après sa propagation et son acclimatation dans les différentes palmeraies mauritaniennes, *Chilocorus bipustulatus* (var. *iraniensis*) a pu réduire le niveau d'infestation de *Parlatoria blanchardi*, de la note 1 - 2 à 0,5 pour 90 % des palmiers (Iperti *et al.*, 1970 ; Munier, 1973). *Cybocephalus seminulum* (Coleoptera : Nitidulidae) une autre espèce largement répandue dans les oasis Algériens. Ce petit coléoptère (Photo 1) doit vivre soit aux dépens de *Parlatoria blanchardi*, soit d'autres cochenilles de désert (Balachowsky, 1928).



Photo 1. Adulte de *Cybocephalus seminulum* en train de se nourrir d'un individu de *P. blanchardi* (Babaousmail, 2019)

1.6.2. Lutte culturale

Après la récolte, au repos végétatif, il convient de procéder au nettoyage des palmeraies par le ramassage de tous les déchets de dattes, l'élagage et l'incinération des vieilles palmes, les plus basses fortement attaquées de la couronne extérieure, permettent de diminuer notablement le niveau d'infestation de la cochenille blanche (Idder *et al.*, 2007).

Ces palmes sont généralement les premières sources de l'infestation. Leur usage est donc, à proscrire dans la confection des brises vent (haies en djerids secs) ou dans le recouvrement des djebbars après plantation (Blumberg, 2008).

En cas de fortes attaques dans les jeunes plantations, il est conseillé d'incinérer les palmiers sans risque de les tuer (Photo 2) ; ce procédé a donné d'excellents résultats (Dhouibi, 1991).

Il faut aussi éviter le transfert du matériel végétal contaminé vers les zones d'extension phœnicicoles, car il constitue un facteur essentiel de dispersion et de propagation de la cochenille blanche (Blumberg, 2008).



Photo 2. Incinération des palmes d'un pied infesté. Source : (Boyden, 1941)

1.6.3. Lutte chimique

Elle est justifiée, seulement, dans les palmeraies fortement infestées et sera réalisée par deux traitements à base d'huile de pétrole 100% (2 L/ha) et de Fenoxycarbe 25% (40g /ha). Ces traitements doivent être menés à intervalle de quinze jours, immédiatement après la récolte des dattes, la pulvérisation doit être abondante et à forte pression afin d'atteindre facilement toute la surface foliaire du palmier (Anonyme, 2000).

En testant plusieurs insecticides sur la cochenille blanche, Kehat et Swirski (1964) montrent que la meilleure efficacité est donnée par les traitements à base de Diméthoate. Par contre, en Irak, il est recommandé d'utiliser du Malathion et Diazinon pour lutter contre *P. blanchardi* (El-Haidari, 1980) et en mélangeant ces produits avec l'huile blanche pendant l'hiver (Blumberg, 2008). Dans une étude récente ont testé trois insecticides chimiques (thiamethoxam 25 WG, carbosulfan 25 EC and fipronil 80 WG) les trois produits ont réduit significativement le taux d'infestation de la cochenille blanche, mais le carbosulfan 25 EC a montré l'efficacité la plus élevée (Abbas *et al.*, 2014).

En Tunisie, Dhouibi, (2001), préconise l'utilisation des produits systémiques ou translaminaires (Méthidathion, Imidaclopride, Abamectine ...), contre les stades baladeurs surtout au niveau des jeunes et des nouvelles plantations. Ceci permet de réduire le niveau d'infestation de la cochenille blanche.

La pulvérisation des insecticides peut être efficace lorsqu'elle est appliquée opportunément, mais présente certain danger pour les habitants de certaines palmeraies, les animaux et la faune auxiliaire.

2. La mineuse de la tomate

2.1. Position systématique

La mineuse de la tomate, *Tuta absoluta*, est un Microlépidoptère de la famille des Gelechiidae découvert par Edward Meyrick en 1917 sous le nom de *Phthorimaea absoluta*, à partir d'individus recueillis à Huancayo (Pérou). Plus tard, le ravageur a été signalé comme étant *Gnorimoschema absoluta* (Clarke, 1962), *Scrobipalpula absoluta* (Povolny) ou *Scrobipalpuloides absoluta* (Povolny), mais a finalement été décrit sous le genre *Tuta* comme *T. absoluta* par Povolny en 1994 (Barrientos *et al.* 1998).

La classification actuelle de la mineuse de la tomate est la suivante :

Ordre : Lépidoptères

Sous ordre : Microlépidoptères

Famille : Gelechiidae

Genre : *Tuta*

Espèce : *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)

2.2. Répartition géographique

Ce ravageur originaire du Pérou (Amérique du Sud) a été détecté pour la première fois en Espagne en 2006 (Urbaneja *et al.*, 2007) puis il s'est rapidement

étendu aux pays du bassin méditerranéen (Desneux *et al.*, 2010). Plus récemment, *T. absoluta* a été signalé en : Ouganda (Tumuhaise *et al.*, 2016), Tanzanie (Chidege *et al.*, 2016), Burkina Faso (Son *et al.*, 2017), Afrique du Sud (Visser *et al.*, 2017) et Krygstan (Uulu et Ulusoy 2017). Les prédictions du modèle menées par (Tonnang *et al.* 2015) ont montré que *T. absoluta* pouvait également représenter une menace importante pour l'Australie, la Nouvelle-Zélande et aux États-Unis d'Amérique.

Le premier signalement de *Tuta absoluta* en Algérie remonte au printemps 2008 dans le littoral de l'ouest dans la région de Mostaganem (Berkani & Badaoui, 2008).

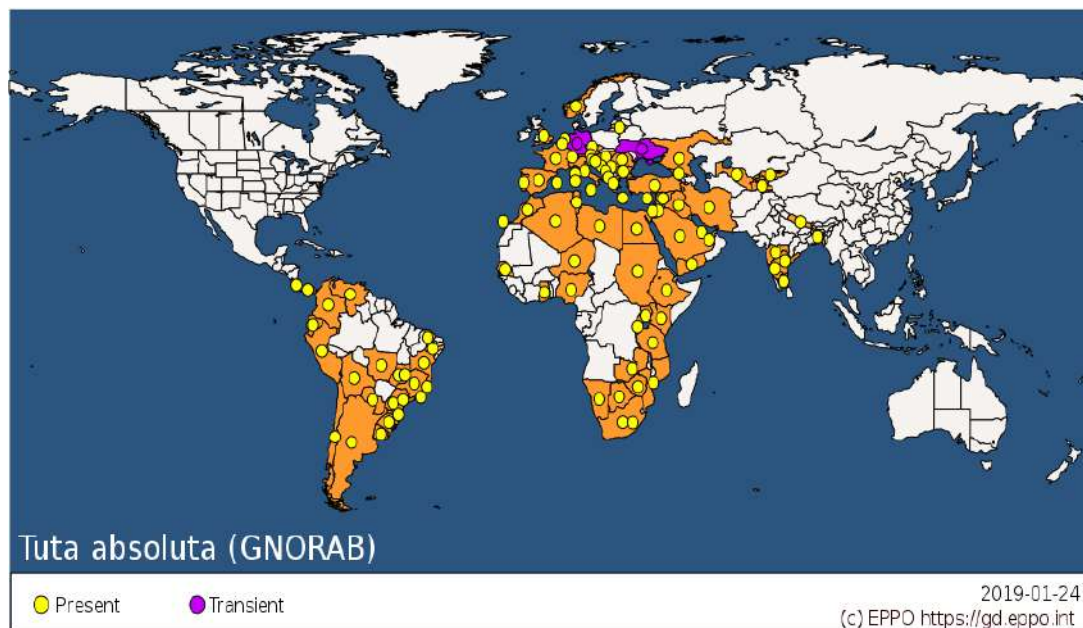


Figure 3. Répartition géographique de la mineuse de la tomate *T. absoluta*.

Source : (EPPO, 2019)

2.3. Plante hôte : La tomate *Lycopersicum esculentum*

La tomate est une plante herbacée de l'ordre Solanales,

Famille : Solanacées

Genre : *Lycopersicum*

Espèce : *Lycopersicum esculentum*

Le terme « Tomate » désigne à la fois la plante et le fruit charnu, bien qu'il soit biologiquement un fruit, il est considéré comme un des légumes les plus importants dans l'alimentation humaine (FAO, 2009).

En effet, la tomate est, après la pomme de terre, le légume le plus consommé dans le monde (Blancard, 2009), avec une production annuelle de 140 million de

tonnes. Elle est transformée en industrie et consommée comme légume frais. La tomate représente 1/6 ème de la production mondiale de légumes (pomme de terre exclue) (Navez, 2011).

La culture de la tomate en Algérie se place en seconde position après la pomme de terre. En effet les conditions climatiques des régions productrices de tomate sont très favorables pour l'obtention de bons rendements (Zidani, 2009).

La valeur calorifique de la tomate est relativement faible, environ 20 calories pour 100 g, elle est pauvre en lipides, exempte de cholestérol, et l'eau représente environ 94% de sa matière fraîche. La tomate est riche en provitamine A (β -carotène), vitamine C et surtout en lycopène, antioxydant le plus actif des caroténoïdes alimentaires (Agarwal et Rao, 2000)

2.4. Biologie

T. absoluta est multivoltine (environ 10 à 12 générations par an). La femelle a une grande capacité reproductive qui peut atteindre jusqu'à 260 œufs par cycle (Uchoa-Fernandes *et al.*1995). La durée du cycle biologique dépend des conditions climatiques, elle est de 76 jours à 14°C, 40 jours à 20°C et de 24 jours à 27°C (Pereyra et Sanchez, 2006).

Les différents stades de cycle de vie de *T. absoluta* (Figure 4) sont décrits par (Coello et Franc, 1987 ; Pereyra et Sanchez, 2006) comme suit :

Les œufs : de petites tailles (0.36mm de long, 0.22 mm de large), de forme ovale et de couleur blanc crème. Ils sont déposés de préférence sur la face inférieure des feuilles ou au niveau des jeunes tiges tendres et des sépales des fruits immatures

Les larves : Après l'éclosion, les jeunes larves creusent des galeries sur feuilles, tiges ou fruits dans lesquelles elles se développent. Elles passent par quatre stades larvaires successifs, dont la taille varie de 0.7 à 7.7 mm. La larve du 1^{er} stade de couleur blanchâtre, les larves du 2^{ème} et 3^{ème} stade larvaire sont vertes et celle du 4^{ème} stade est rouge. Les larves se nymphosent principalement au sol ou dans des cocons sur les feuilles ou à l'intérieur des mines.

La chrysalide : de forme cylindrique (4.3mm de long et 1.1 mm de diamètre), de couleur marron.

L'adulte : petit papillon qui mesure 6-7mm de long et environ 10 mm d'envergure, gris argenté avec des tâches noires sur les ailes antérieures. Les antennes sont filiformes.

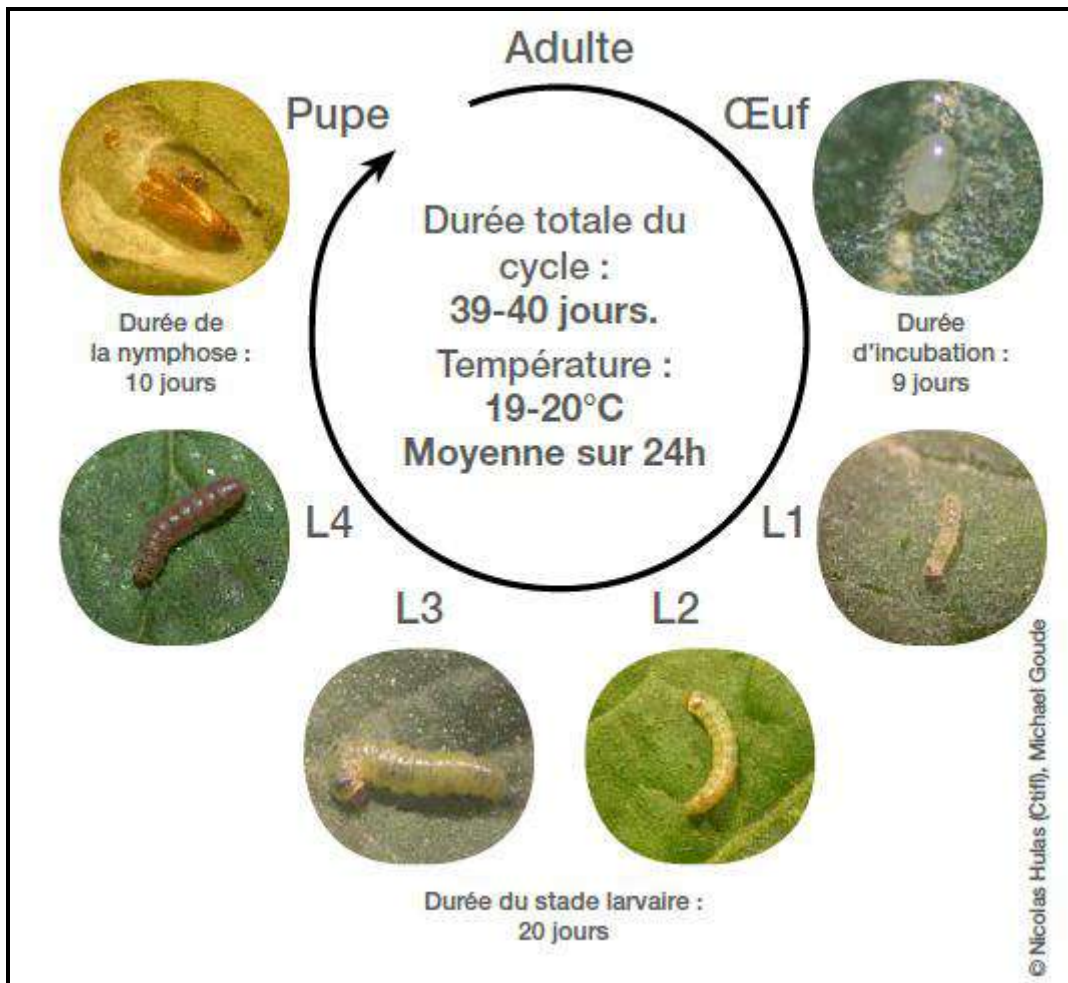


Figure 4. Cycle de vie de la mineuse de la tomate *T. absoluta*. Source : (Trottin-Caudal *et al.*, 2012)

2.5. Symptômes et dégâts

Après l'éclosion, les jeunes larves pénètrent dans les feuilles, les tiges ou les fruits de la tomate sur lesquels elles se nourrissent et se développent, créant ainsi des mines et des galeries remarquables. Dans les feuilles, la formation de mines à l'intérieur du mésophylle affecte la capacité photosynthétique de la plante et, par conséquent, réduit le rendement en tomates (Desneux *et al.*, 2010). Les galeries dans les tiges modifient le développement général de la plante et peuvent causer une nécrose. Les fruits peuvent être attaqués dès leur formation et les galeries percées à l'intérieur peuvent être envahies par des agents pathogènes secondaires entraînant la pourriture des fruits. Les larves causent des pertes pouvant atteindre 80 à 100% (Apablaza, 1992; Lopez, 1991).

2.6. Moyens de lutte

2.6.1. Lutte biologique

Les organismes vivants utilisés en lutte biologique sont appelés auxiliaires, ou agents de lutte. Ils peuvent être des prédateurs tels que des insectes, des acariens et des nématodes, des parasitoïdes des pathogènes (virus, bactéries et champignons) ou des compétiteurs. (Guedes et Picanço, 2012).

Parmi les ennemis naturels utilisables contre *Tuta absoluta*, on cite :

-Les punaises prédatrices des œufs et des larves : *Nesidiocoris tenuis* et *Macrolophus caliginosus* ; *Macrolophus pygmaeus* (Urbaneja *et al.*, 2009).

-Les parasitoïdes des œufs : *Trichogramma sp.* *Necremnus artynes*, et *Hemiptarsenus zilahisebessi* (Molla *et al.*, 2008)

-Les entomopathogènes : les genres de *Beauveria*, *Metarhizium*, *Verticillium*, *Erynia*, *Hirsutella*, *Entomophthora* et *Entomophaga*, elles infectent les insectes par pénétration directes à travers la cuticule (Badaoui, 2011).

2.6.2. Lutte culturale

Les méthodes de lutte culturale consistent à modifier les pratiques de mise en terre, de travail du sol et autres dans le but de rendre le milieu moins propice au développement et à la propagation des ravageurs (Guedes et Picanço, 2012). Il s'agit de :

-Planter des plants sains sans signe de présence de *Tuta absoluta*.

-Prévenir toute contamination possible par l'insecte à partir des anciennes cultures en éliminant les mauvaises herbes et en détruisant les restes des cultures (en les brûlant ou les enterrer).

-Effectuer un labour profond pour éliminer les chrysalides au niveau du sol.

-Réaliser une rotation avec les cultures non solanacées.

-L'installation des pièges contenant des phéromones pour la détection et les observations hebdomadaires de l'état de la population de l'insecte.

-Lavage des caisses avant leur introduction pour la récolte.

- Protégez toutes les ouvertures des serres par des filets insect-proofs pour empêcher toute pénétration d'insectes provenant de l'extérieur.

-Désherber l'intérieur et les alentours des serres, les parcelles de plein champ pour supprimer les plantes refuges et élimination des restes de la récolte immédiatement après la récolte des derniers fruits est très nécessaire (Robredo-Junco *et al.*, 2008).

2.6.3. Lutte biotechnique

Se base sur le piégeage massif des adultes mâles de *Tuta absoluta* l'aide des pièges à phéromones sexuelles, à glue, à eau et des pièges lumineux (Idrenmouche, 2011). Un entretien régulier est indispensable comme le changement des capsules à phéromones, nettoyage du piège, remplacement du liquide. Les pièges sont idéalement repartis de manière homogène au niveau bas des plantes avec un piège/400m² (Caparros-Megido *et al.*, 2013)

2.6.4. Lutte chimique

Afin de minimiser les risques liés à l'utilisation des insecticides, il convient d'appliquer le produit adéquat au moment opportun et de respecter pour chaque produit, le nombre d'application par an, les doses prescrites et d'alterner les matières actives d'un traitement à l'autre. Les insecticides les plus utilisés sont à base de l'abamectine, les régulateurs de croissance des insectes, le spinosade, le tebufenozide ou le chlorfenapyre (Polack, 1999; Cáceres, 2000).

Chapitre 2. La lutte biologique et les biopesticides d'origine végétale

1. Introduction

La protection des plantes peut être assurée par une lutte chimique aveugle qui consiste à répandre des pesticides (insecticides, acaracides, fongicides, herbicides, ect.) Souvent à forte dose et sans se soucier du niveau de populations de ravageurs, d'organismes pathogènes ou d'organismes concurrents des espèces cultivées.

À l'inverse des méthodes chimiques, la lutte biologique ne vise pas nécessairement l'éradication de l'organisme nuisible, mais son maintien à une densité raisonnable. Ainsi, elle respecte mieux les écosystèmes (Pinterau, 2009).

L'utilisation des biopesticides d'origines végétale est considéré comme un moyen sain et respectueux à l'environnement, leur utilisation remonte à 400 avant JC ou plus tôt (Dayan *et al.*, 2009).

La littérature scientifique axée autour les effets des métabolites secondaires des plantes sur les insectes est volumineuse. Il est estimé que plus de 2 000 espèces de plantes possèdent des propriétés à un intérêt pesticide (Prajapati *et al.*, 2003).

En Afrique, l'utilisation de certaines plantes pour leurs activités toxiques et répulsives contre les ravageurs des cultures est une longue tradition transmise entre les générations, comme il a été indiqué par plusieurs études (Belmain et Stevenson, 2001; Boeke *et al.*, 2004).

La grande diversité des espèces végétales africaines qui possèdent des propriétés pesticides, et l'utilisation locale existante de ces plantes par des agriculteurs pauvres en ressources, suggère qu'il existe des possibilités de développer un marché solide qui répond à la demande locale et internationale pour une lutte écologiquement plus saine contre les ravageur (Sola *et al.*, 2014).

2. La lutte biologique

La lutte biologique se définit par « l'utilisation d'organismes vivants ou de leurs produits pour lutter contre d'autres organismes vivants ou de leurs produits pour lutter contre d'autres organismes jugés nuisibles ».

2.1. Les moyens de la lutte biologique

2.1.1. Epannage d'extraits végétaux

De nombreuses plantes fabriquent des substances insecticides qui peuvent être pulvérisées sur les cultures après extraction.

Par exemple, au Moyen-Orient pousse une plante dont les feuilles et surtout les fruits produisent une substance insecticide (azadirachtine) qui peut être extraite et répandue sur plusieurs cultures. Elle est notamment utilisée sur des lentilles contre les sitones (Coléoptères), sur des tomates contre les aleurodes (Homoptères) et sur des céréales contre les criquets (Orthoptères) ou les chenilles (Lépidoptères). Le neem ou margousier est un arbre d'origine asiatique qui produit une substance similaire. Ses extraits sont notamment appliqués, dans de nombreux pays, contre des pucerons (Homoptères), des thrips (Thysanoptères), des mouches (Diptères) et des chenilles.

Plusieurs plantes tropicales produisent de la roténone qui peut être utilisée contre des ravageurs aussi divers que les pucerons des arbres fruitiers, les cicadelles (Homoptères) ou les doryphores (Coléoptères). Parmi les autres plantes utiles pour lutter contre les organismes phytophages, nous citerons le tabac qui produit de la nicotine utilisable contre les pucerons, plusieurs plantes comme des chrysanthèmes qui produisent des pyréthrinés notamment utilisables contre divers Homoptères et Thysanoptères, et les orties qui produisent des substances activant la résistance des cultures aux pucerons.

2.1.2. Lutte variétale ou utilisation de la résistance des plantes

Dans une même population de plantes, certains individus sont plus résistants que d'autres aux déprédateurs ou aux maladies. Ceci peut être dû à des structures ou substances s'opposant au contact d'un ravageur, à une odeur ou un goût répulsif, à une sécrétion de substances toxiques, etc. (Suckling *et al.*, 2000) Des plantes résistantes peuvent être obtenues de deux manières différentes, par la sélection ou la transgénèse.

La sélection de végétaux plus résistants à leurs ennemis a été réalisée de façon empirique au cours de l'histoire, en prélevant les semences sur les meilleures plantes. Les connaissances en génétique permettent maintenant de la mener de façon plus raisonnée et donc plus rapide (Vincent et Coderre, 1992). Ainsi, il a été obtenu des plants de pommes de terre résistants au mildiou (champignon), des pommiers résistants à la tavelure (autre champignon) ou des pêchers résistants aux pucerons.

La transgénèse consiste ici à transférer un gène conférant une résistance (gène codant pour une protéine toxique pour des insectes, par exemple) d'un organisme quelconque à une plante cultivée qui devient un OGM (organisme génétiquement modifié). Ainsi, des variétés de maïs sont devenues résistantes à la pyrale du maïs (Lépidoptère) après transfert du gène de la toxine d'une bactérie (Pintureau 2009).

2.1.3. Etablissement d'une confusion sexuelle

Les phéromones sexuelles sont des substances émises par un sexe, notamment chez les insectes, pour attirer l'autre sexe. Depuis quelques dizaines d'années, l'industrie est capable de réaliser la synthèse de telles molécules diffusées par les femelles de plusieurs ravageurs des cultures (Suckling *et al.*, 2000). Ces phéromones de synthèse permettent de saturer l'air d'un champ ou d'un verger avec l'odeur des femelles du ravageur visé. Les mâles de la même espèce, incapables de suivre les pistes olfactives normalement tracées par les femelles, sont alors désorientés et incapables de découvrir leurs partenaires sexuels. Les femelles ne sont donc pas accouplées et fécondées, et ne peuvent pas pondre (Coss *et al.*, 2005).

Des applications existent contre l'eudémis de la vigne et quelques autres Lépidoptères ennemis des vergers, notamment la tordeuse orientale du pêcher et le carpocapse des pommes. Certains papillons dont les chenilles attaquent des cultures annuelles, comme la sésamie du maïs, sont également maintenant combattus par ce procédé (Pintureau, 2009).

2.1.4. Lutte autocide ou lutte génétique

Il s'agit de l'introduction dans les populations naturelles de ravageurs d'une proportion importante de mâles stériles ou porteurs de gènes délétères agissant par exemple sur les capacités de déplacement ou sur la fécondité (Lance *et al.*, 2005). Les applications ont toutefois surtout concerné des lâchers de mâles stériles de mouches en Amérique. Les espèces cibles ont été choisies parmi celles qui ne s'accouplent qu'une fois car cela réduit les risques de fécondation d'une femelle par un mâle sauvage (Hendrichs *et al.*, 1995).

2.1.5. Lutte microbiologique

Certains microorganismes pathogènes pour des ravageurs des cultures permettent d'effectuer des traitements renouvelables selon les besoins. Il peut s'agir de virus, de bactéries ou de champignons (Pintureau, 2009).

Ainsi, des virus provoquent des maladies à polyèdre ou des granuloses, et sont utilisés contre des Lépidoptères tels que des noctuelles, la processionnaire du pin et la piéride du chou (Lacey *et al.*, 2001).

La bactérie la plus utilisée est *Bacillus thuringiensis*, surtout contre diverses chenilles. Elle agit au niveau du tube digestif de son hôte par l'intermédiaire d'une toxine qu'elle fabrique (Betz *et al.*, 2000).

Des champignons peuvent provoquer diverses maladies chez de nombreux ravageurs. Le genre *Beauveria* est utilisé contre le carpocapse des pommes, la pyrale du maïs, le doryphore ou le hanneton (Coléoptère). Le genre *Entomophthora* est notamment utilisé contre certains pucerons (Mascarin *et al.*, 2016).

D'autres microorganismes permettent de lutter contre des maladies des plantes. Ceux-ci, inoffensifs pour les végétaux, sont en effet capables d'entrer efficacement en compétition avec des microorganismes pathogènes. Leur utilisation est toutefois limitée à quelques cultures (Chapple *et al.*, 2000).

2.1.6. Préservation ou lâcher des prédateurs

Les prédateurs sont des organismes qui consomment plusieurs proies au cours de leur vie. Parmi ceux qui chassent des espèces nuisibles, il y a bien sûr des mammifères comme les chauve-souris ou les hérissons, des oiseaux comme les mésanges, des reptiles comme les lézards et de nombreuses autres espèces très connues, mais les lâchers de lutte biologique ont essentiellement recours aux acariens et aux insectes (Symondson *et al.*, 2002).

Parmi les acariens, c'est le genre *Phytoseiulus* qui est le plus utilisé, contre d'autres acariens au comportement phytophage. Parmi les insectes, ce sont les coccinelles (Coléoptères) qui sont le plus fréquemment lâchées, en particulier contre les pucerons (Skirvin *et al.*, 2001).

2.1.7. Epannage de parasites

Les parasites n'attaquent qu'un seul hôte. Parmi les véritables parasites, et non les parasitoïdes dont il sera question ci-dessous, seuls quelques vers du groupe des nématodes ont été ou sont utilisés. Si beaucoup de nématodes s'attaquent aux

racines et sont donc des ravageurs des plantes, certains sont en effet parasites d'insectes. Des espèces sont ainsi utilisables contre des insectes du colza (Ridgway *et al.*, 2013).

2.1.8. Préservation ou lâcher de parasitoïdes

Les parasitoïdes se différencient des parasites en présentant une phase libre : les stades œuf, larve et nymphe sont parasites tandis que l'adulte est libre. Il s'agit d'insectes appartenant aux ordres des Diptères - surtout à la famille des Tachinidae - et des Hyménoptères (nombreuses familles). Ils peuvent être ectoparasites (à l'extérieur de leur hôte) ou endoparasites (à l'intérieur de leur hôte). Ils sont solitaires (un individu par hôte) ou grégaires (plusieurs individus par hôte) (Thamsborg *et al.*, 1999).

3. Généralités sur les biopesticides d'origine végétale

Un biopesticide est un terme qui regroupe plusieurs méthodes de lutte contre les ravageurs, on utilisant les microbes (virale, bactérienne et fongique), les nématodes entomopathogènes, les dérivés des plantes, les métabolites secondaires des microorganismes ou les pièges à phéromones et la modification génétique (Copping et Menn, 2000). Les biopesticides d'origines végétales est l'une des méthodes où des produits issus des plantes souvent sous forme des huiles essentiels ou des extraits, sont utilisés afin de lutter contre un ravageur (Regnault-Roger, 1997).

3.1. Avantages et inconvénients

Selon Miresmailli et Isman, (2014) ; Bhagat *et al.*, (2014) la recherche en biopesticides d'origine végétale prend de plus en plus d'ampleur à cause de nombreux avantages : ils sont bio dégradables, leurs utilisations est autorisée par la réglementation relative à l'agriculture biologique, peuvent promouvoir une agriculture durable, et elles coutent moins chère notamment lorsque ils ont été produit localement par les agriculteurs eux-mêmes.

En revanche, il existe plusieurs facteurs qui limitent le développement de ce type de produit, par exemple : les méthodes d'extractions restent non standardisées, leur efficacité au champ est plus faible par rapport aux résultats trouvés au laboratoire, et c'est due à l'instabilité des molécules qu'ils contiennent lorsque elles s'exposent aux conditions naturelles, tel que la température élevée et la lumière, où les molécules thermosensibles et photosensibles se dégradent rapidement.

3.2. Critères du choix des plantes

La production d'un insecticide d'origine végétal commence par le choix des plantes, Selon (Dimetry, 2014). Un bon choix doit respecter les critères suivants :

- La plante doit être vivace.
- Suffisamment abondante dans la nature cependant, elle doit être possible de la cultiver à l'aide des techniques végétales tel que la propagation in vitro et le génie génétique.
- La facilité de séparation des parties utilisables de la plante : feuilles, fleurs, fruits.
- L'opération de récolte ne détruit pas la partie voulue de la plante.
- La culture de ces plantes doivent avoir des exigences minimales ; peu d'entretien, d'espace, d'eau et de fertilisants.
- Possibilité d'avoir des utilisations supplémentaires, médicinale par exemple.
- Les plantes utilisées ne doivent pas avoir une valeur économique très importante.
- De préférence, la matière active sera efficace en faible concentration.

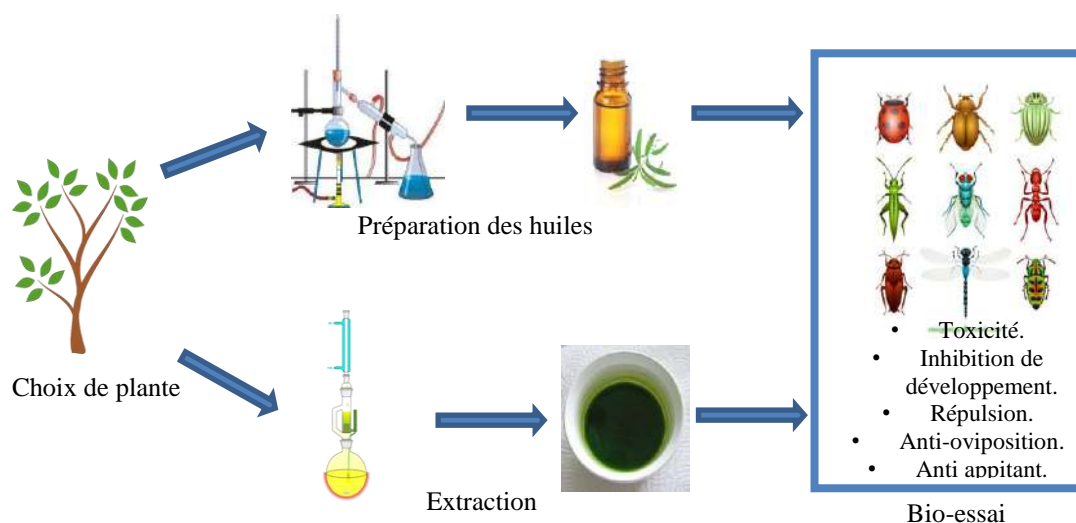


Figure 5. Démarches de vérification de l'effet des pesticides d'origine végétale au laboratoire. (Babaousmail, 2019)

3.3. Quelques exemples des produits commercialisés et leurs mode d'action

3.3.1. *Annona squamosa*

Annona squamosa L. est parmi les espèces les plus fréquemment examinées pour leurs effets insecticides. Des extraits d'Annonaceae ont été testés pour lutter

contre les Lépidoptères, *Spodoptera frugiperda*, *Plutella xylostella* les Diptères, *Aedes aegypti* et quelque insectes des denrées stockées (Isman et Seffrin, 2014).

Les sesquiterpènes et les monoterpènes sont les principaux types de composés présents dans les huiles essentielles d'espèces *Annona* provenant de la grande variété d'acétogénines, la Bullatacine et l'annonacine (Figure 6) ont le plus grand impact sur les insectes (Colom *et al.*, 2008; Yu *et al.*, 2005).

Le site de couplage d'énergie est le site le plus susceptible d'être ciblé par les annonines. (Londershausen *et al.*, 1991). Plus spécifiquement les acétogénines bloquent la chaîne respiratoire au niveau de NADH-ubiquinone réductase Complexe I et provoque une diminution de niveau de l'ATP qui a un effet direct sur le transport d'électrons à la mitochondrie ce qui résulte de l'apoptose. (Alali *et al.*, 1999)

3.3.2. *Azadirachta indica* (Margousier)

Le margousier un arbre appartenant à la famille Meliaceae. Originaire du sud et le sud-est de l'Asie. *A. indica* se produit aujourd'hui également dans les régions tropicales et subtropicales d'Afrique, d'Amérique et d'Australie (Schmutterer, 1990).

La molécule active la plus importante dans les produits à base de Margousier est l'azadirachtine (Figure 6) qui se classe sous un groupe des molécules organiques connu par tétranortriterpénoïde (Koul *et al.*, 1990).

Plus de 60 insectes nuisibles peuvent être affectés par l'azadirachtine, y compris les pucerons, les scarabées, les cicadelles, les mineuses, les cochenilles, les thrips et les mouches blanches (Chaudhary *et al.*, 2017).

Un nombre considérable d'autres composés actifs ont été isolés à partir des graines de Neem, tels que les salines, le salannol, le salannolacétate, le 3 désacétylsalannine, l'azadiradion, le 14-époxyazaradion, la gedunine, le nimbin et le deacétylnimbinène (Akhila et Rani, 1999).

Le mode d'action de l'azadiractine est basé sur la réduction du niveau de l'hormone de l'ecdysone ce qui perturbe le processus de mue de l'insecte par conséquence les larves immatures ne puissent se développer à des adultes. (Jennifer et Nisbet, 2000)

3.3.3. Les Nicotinoides, *Nicotiana rustica*

La nicotine (Figure 6) et la nornicotine, composants de plusieurs membres du genre *Nicotiana*, ont été commercialisés sous forme d'insecticides où la source principale était l'espèce *Nicotinia rustica* (Dimetry, 2014). D'autres analogues naturels de la nicotine se sont révélés d'avoir des propriétés insecticides importantes,

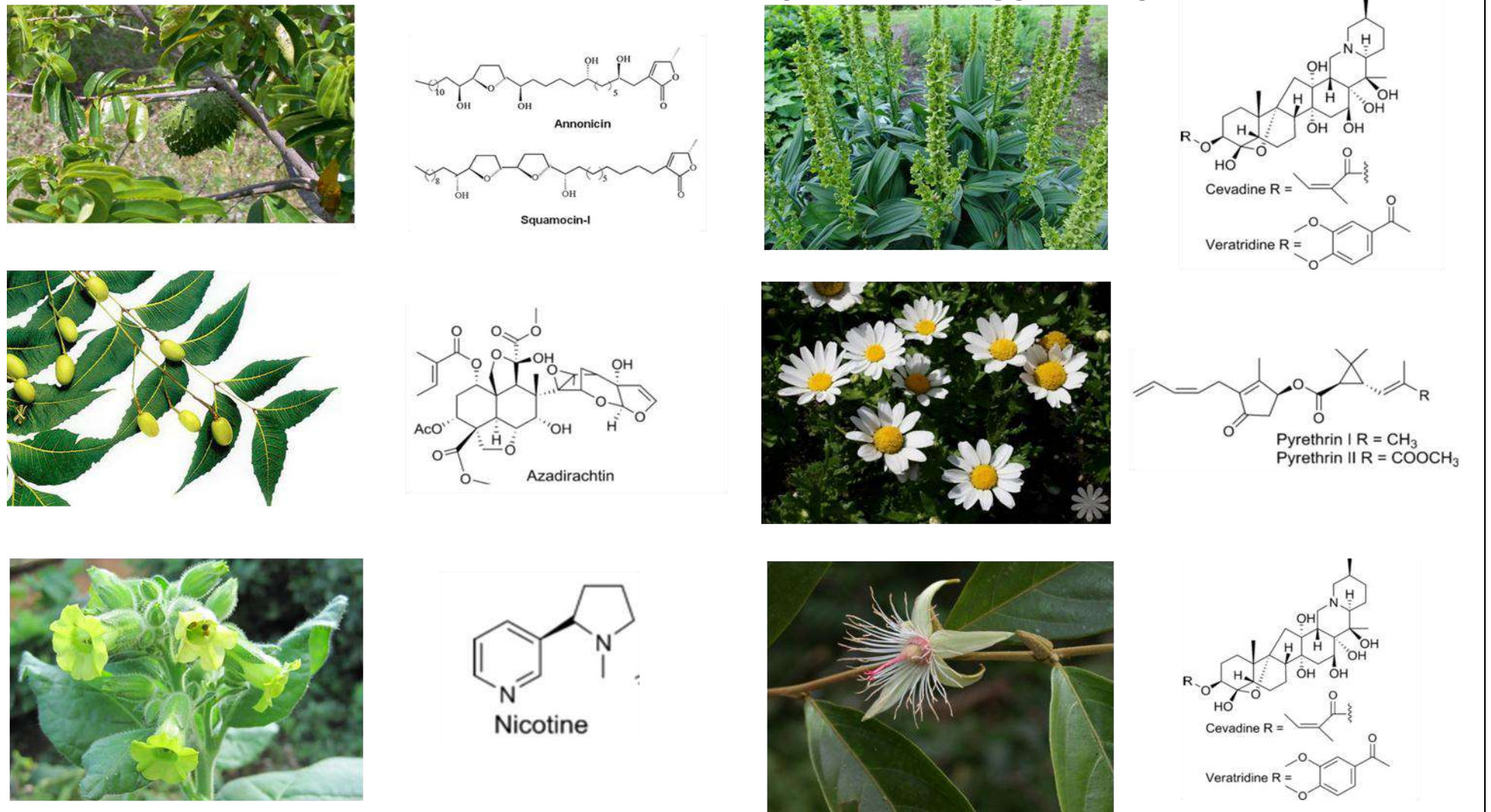


Figure 6. Exemples de quelques molécules végétales insecticides et leurs plantes d'origine. (Babaousmail, 2019)

tel que, l'anabasine ou la nornicotine qui sont produite sous forme d'insecticide à partir de l'arbuste *Anabasis aphylla* (Ware, 1980).

La nicotine, les néonicotinoïdes imitent l'acétylcholine en agissant sur le récepteur de l'acétylcholine comme agonistes ce qui provoque un flux des ions sodium et la génération de potentiels d'action. Alors que dans des conditions physiologiques normales, l'action synaptique de l'acétylcholine est terminée par l'enzyme acétylcholinestérase, qui hydrolyse rapidement le neurotransmetteur. Comme ces insecticides ne sont pas hydrolysés ou détruits par AChE, l'activation persistante entraîne une sur stimulation des synapses cholinergiques, entraînant une hyperexcitation, une convulsion, une paralysie et enfin la mort de l'insecte (Green *et al.*, 2013; Matsuda *et al.*, 2001)

3.3.4. *Chrysanthemum sp* (Pyrèthre)

Les propriétés insecticides des plusieurs espèces de Chrysanthèmes étaient connues depuis des siècles en Asie. Les poudres de pyrèthre brut ont été introduites pour la première fois en Europe vers 1800 et elles étaient utilisées dans le reste du monde vers 1850 (Mclaughin, 1973).

Les constituants chimiques les plus importants sont les pyréthrines notamment la pyrèthrine I et II (Aja Kumar *et al.*, 2005) La pyrèthrine I été considérée comme la substance la plus toxique testée à ce jour et, comme elle était environ dix fois plus toxique sur les insectes que la pyrèthrine II, on conclut qu'elle est principalement responsable de l'effet insecticide par contact du pyrèthre (Tattersfield *et al.*, 1925)

Ces molécules agissent sur les canaux de voltage sodiques en bloquant le transport du sodium, ce qui dépoliarise par conséquence la membrane nerveuse, en perturbant ainsi la signalisation électrique du système nerveux des insectes (Bloomquist, 1996). Les pyréthrines ont une faible toxicité sur les vertébrés et ont une large acceptation dans le monde entier (Casida *et al.*, 1973).

3.3.5. *Ryania speciosa*

La Ryanodine est un diterpénoïde toxique trouvé dans la plante sud-américaine *Ryania speciosa* (Salicaceae). Il a été utilisé à l'origine comme insecticide.

Ryanodine (Figure 6) et les alcaloïdes extraits de la tige des espèces de *Ryania*, en particulier *Ryania speciosa* Vahl, agissent sur les muscles en se liant aux canaux de calcium dans le réticulum sarcoplastique. Cela provoque l'écoulement d'ion calcium dans les cellules suivi de la mort immédiate de l'insecte (Bloomquist, 1996) (Van Petegem, 2012).

3.3.6. *Schoenocaulon* sp *Sabadilla* (*Schoenocaulon officinale*)

Les produits à base de *Sabadilla* proviennent des graines de plantes du genre *Schoenocaulon* et proviennent principalement du *Schoenocaulon officinale*. L'activité insecticide de *Sabadilla* provient de la fraction alcaloïde, qui constitue 3-6% de l'extrait, veratridine et la cevadine ont été identifiés comme des alcaloïdes lipophiles qui possèdent l'activité insecticide la plus forte (Walia *et al.*, 2014). Ils ont démontré une grande efficacité contre les Thrips sud-africain des agrumes *Scirtothrips citri* et les cicadelles (Hare et Morse, 1997). Le mode d'action des alcaloïdes de *Sabadilla* est similaire à celui des pyréthrine, elles agissent comme des agonistes au niveau du canal sodique du système nerveux.

4. Situation de la recherche dans les bio-insecticides d'origine végétale en Afrique du nord

Pour avoir une idée sur l'activité de recherche dans ce domaine en Algérie et dans tous les pays de l'Afrique du nord, on a analysé un échantillon de plus de 60 articles publiés durant 10 ans par les chercheurs des pays de l'Afrique du nord, entre 1995 et 2015 en introduisant les mots clés suivant dans le moteur de recherche académique (Google scholar) : extract; essential oil; insecticide; insect; Algeria; Egypt; Libya; Morocco; Tunisia; Western Sahara.

4.1. Les recherches publiés selon les pays

Le plus grand nombre de publications sur les insecticides botaniques parmi les pays d'Afrique du Nord provient de l'Égypte, suivis de la Tunisie, de l'Algérie et du Maroc, avec peu de différence entre ces trois derniers (figure 7). Le plus petit nombre de documents vient de la Libye. Pourtant une grande variété des plantes médicinales sont distribuées dans tout le pays. Plus de 100 espèces sont largement utilisées par les bédouins en médecine populaire comme boissons chaudes ou froides, ou mâchées crues, fraîches ou sèches. Le nombre total d'espèces de plantes vasculaires en Libye se situe entre 1900 et 2060 (Brian, 1992). Environ 4% des taxons sont endémiques (Qaisar et El Gadi, 1984). En conséquence, la flore libyenne constituer une source potentielle des insecticides botaniques.

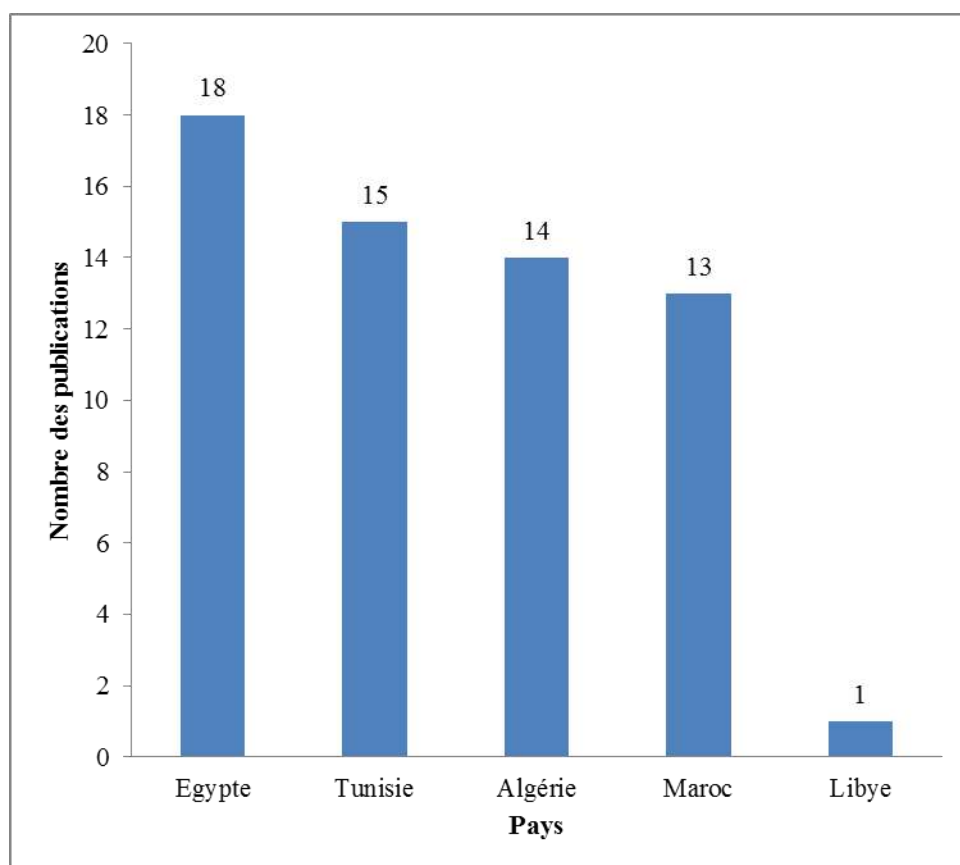


Figure 7. Nombre des recherches publiées selon le pays.

4.2. Insectes utilisés dans les tests biologiques

Dans près de la moitié des études examinées, les espèces d'insectes utilisées étaient des coléoptères, avec moins d'études utilisant des lépidoptères et des diptères. Les insectes les moins fréquemment utilisés proviennent de l'ordre Thysanoptera, exclusivement représenté par les thrips de fleurs occidentales, *Frankliniella occidentalis* (Figure 8).

Le charançon du riz, *Sitophilus oryzae* (L.) (Curculionidae) et le coléoptère rouge de la farine *Tribolium castaneum* (Tenebrionidae) sont parmi les coléoptères les plus répandus et les plus destructeurs des produits stockés à travers le monde. Ils causent des pertes importantes aux produits stockés, en particulier dans les régions tropicales et tempérées chaudes (Hill, 1990). Les larves et les adultes se nourrissent des denrées stockés, ces deux stades sont responsables des dégâts. (Sallam, 1999), l'Afrique est le centre d'origine et aussi le producteur majeur de plusieurs céréales comme le sorgho, le millet perlé, le mil de doigt, le teff et le riz africain. Une autre céréale majeure, le maïs, a dépassé ces céréales traditionnelles alors que le blé est largement cultivé en Afrique du Nord et au Soudan et en Ethiopie (Macauley, 2015). La consommation de céréales en kg/ctp en Algérie et en Tunisie est plus élevée qu'en

Egypte ou au Maroc. (Pingali, 1999). Ce qui peut expliquer la tendance des études algériennes et tunisiennes à tester les insecticides botaniques sur les coléoptères. Alors qu'en Egypte ils se sont plus concentrés sur les diptères, notamment sur le moustique. *Culex pipiens* est l'espèce la plus étudiée. Emtithal et Thanaa, (2012) ont indiqué que le moustique complexe de *Culex pipiens* (L.), est très commun et largement distribué à travers l'Egypte. Il a été incriminé comme le principal vecteur de filariose de Bancroftian (Southgate, 1979) et la fièvre de la Vallée du Rift (FVR) (Meegan *et al.*, 1980).

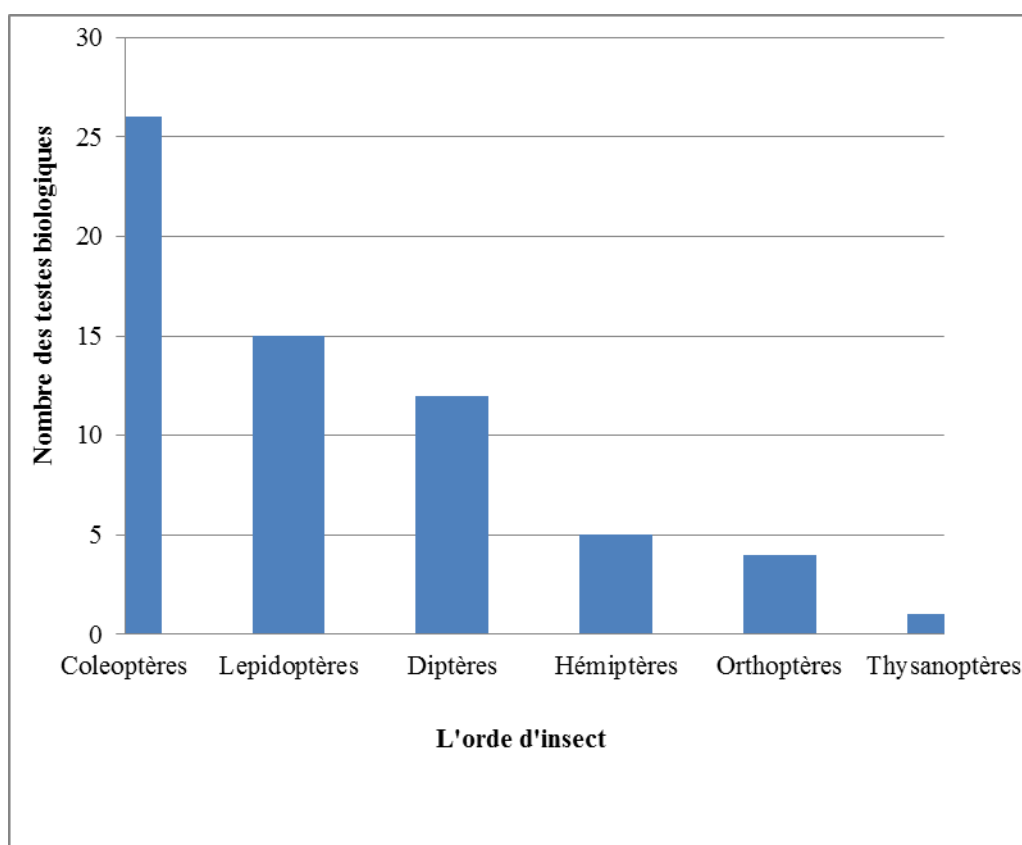


Figure 8. Les insectes ravageurs testés selon leurs ordres taxonomiques.

4.3. Types d'insecticides botaniques testés

Différents types de préparations botaniques (extraits, huiles essentielles et poudres) ont été évalués dans des études menées en Afrique du Nord. Près de la moitié (46%) des études ont été menées sur les huiles essentielles, et presque autant (43%) sur les extraits végétaux. Par contre, seulement 2% des études ont utilisé des poudres végétales dans leurs tests biologiques. Les 9% restants des études ont utilisé une combinaison de ces formes. Les huiles essentielles végétales sont attrayantes en raison de leur relative facilitée de préparation (principalement par distillation à la

vapeur), de la facilité d'analyse par la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG/SM) et de la grande diversité des plantes qui les produisent. (Isman, Miresmailli et Machial, 2011).

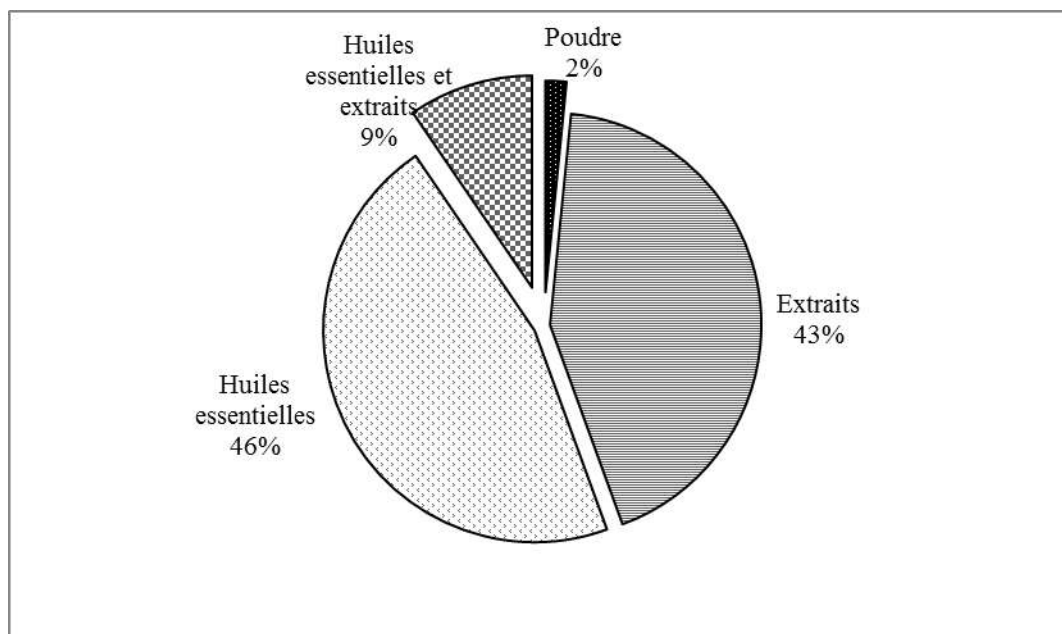


Figure 9. Forme des préparations végétales utilisées dans les bio-essais.

4.4. Caractérisation chimique des plantes et inclusion du témoin positif

Approximativement 44% des études examinées comprenaient une caractérisation chimique (habituellement par CPG-SM) des plantes étudiées, et très peu d'études ont inclus un contrôle positif (10%).

Ces observations sont conformes aux données rapportées par Isman et Grieneisen (2014) qui ont examiné 197 articles publiés en 2011, en trouvant seulement 65 (33,0%) qui comprenaient toute caractérisation chimique ou information de composition, et seulement 53 (27,0%) y compris tout témoin positif.

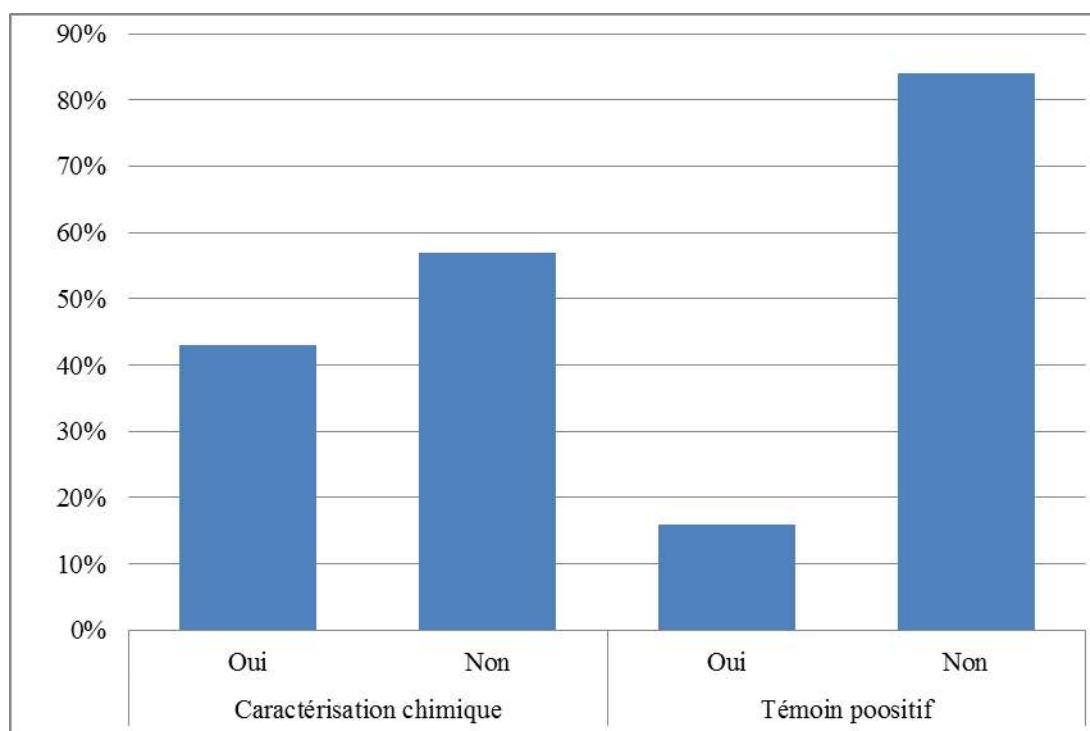


Figure 10. Caractérisations chimiques et inclusion des témoins positifs dans les bio-essais.

On peut synthétiser les résultats de ces recherches comme suit :

La quasi-totalité de ces études concluent que leurs préparations à base de plantes pourraient être utilisées comme alternative aux pesticides chimiques, alors que dans le marché, les insecticides botaniques produits dans les pays d'Afrique du Nord sont presque inouïs.

Les extraits ont une toxicité relativement faible contre les insectes, ce qu'est indiqué par plusieurs études qui ont comparés l'efficacité de l'huile essentielle et l'extrait d'une plante dans les mêmes essais biologiques. L'huile de myrte *Myrtus communis* était plus toxique que l'extrait de méthanol. (Iazzourene *et al.*, 2014)

Les huiles essentielles ont toujours été efficaces et parfois à des faibles doses. L'huile essentielle présente l'efficacité insecticide la plus élevée contre les adultes de *Tribolium castaneum* avec des valeurs DL50 et DL90 de 0,17 $\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$ et 0,26 $\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$ respectivement (Kasrati *et al.*, 2015)

À partir du tableau 2, nous observons la diversité des plantes utilisées dans les essais biologiques, à l'exception de certaines espèces, elles sont plus fréquentes pour les essais biologiques comme la menthe, l'eucalyptus et le thym. De plus, ils montrent une bonne activité.

Dans une étude différente, (El-Maghraby, Nawwar, Bakr, Helmy, & Kamel, 2012) suggèrent que certains extraits de déchets agricoles peuvent être utilisés efficacement pour contrôler *Culex Pipiens*.

Il existe une variation significative de la bioactivité des insecticides botaniques selon la région de la récolte des plantes (Ben Jemaa *et al.*, 2012). L'étude d'El Abdouni Khiyari *et al.* (2014) souligne que les plantes sauvages présentent une plus grande activité insecticide que celle cultivée. En revanche, Iazzourene *et al.* (2014) ont conclu qu'il n'y avait pas de différence significative entre les huiles essentielles de *Myrtus communis* récoltés à partir de différentes régions.

Selon Ben Jemâa *et al.*, (2012) l'activité des huiles essentielles d'Eucalyptus par fumigation a été la plus forte chez les huiles de plantes récoltés en saison estivales testées contre trois ravageurs des dattes stockées (*Ephestia kuehniella*, *Ephestia cautella* et *Ectomyelois ceratoniae*).

Le test des mélanges d'huiles essentielles peut entraîner une plus grande activité. Le mélange d'origan 1%, Neem 5% et Thym 8,5% étaient les produits les plus efficaces et ils ont causé un taux de mortalité de 90%. D'autre part, le mélange semblait présenter une certaine synergie entre les différents composés qui ont conduit aux résultats intéressants observés (Kassimi *et al.*, 2012). L'effet synergétique entre 1,8 cinéole et la carvone est indiqué par Khalfi *et al.*, (2006).

Le tableau 2 indiquent plus de 60 études menées au cours de la période 1995-2015 en Afrique du Nord évaluant la toxicité des extraits des plantes et / ou des huiles essentielles sur les insectes. Le tableau est organisé selon les ordres taxonomiques des insectes testés, pour permettre un accès facile et rapide à des informations utiles pour les chercheurs et les professionnels intéressés au sujet des biopesticides, et plus précisément les insecticides d'origines végétales (botaniques). Collectivement, ces études indiquent un grand nombre de préparations végétales, certaines provenant d'espèces bien connues, d'autres provenant de plus nouvelles, qui sont documentées comme toxiques, inhibitrices de (croissance/ oviposition) ou répulsives, sur un ou plusieurs ravageurs et peuvent avoir une potentielle utilisation comme insecticides ou répulsifs botaniques.

Tableau 2 Liste des bio-essais publiés en Afrique du nord, la liste est classés selon l'ordre taxonomiques des insectes ravageurs testés (In = Ingestion, Fu = Fumigation, Co = Contact, HE= Huile essentielle, EX = Extrait)

Ordre	Insecte	Mode d'application	Plante	Forme de préparation	Référence
Coléoptères	<i>Sitophilus granarius</i>	In	<i>Rosmarinus officinalis, Salvia officinalis</i>	Ex aqueux	(Tahar <i>et al.</i> , 2014)
Coléoptères	<i>Sitophilus oryzae</i>	Fu/In	<i>Farsetia aegyptia, Mentha pulegium, Moltkiopsis ciliate</i>	Exs Chloroform, éthanol et éther de pétrole	(Abou-elnaga, 2015)
Coléoptères	<i>Tribolium confusum</i>	Fu	<i>Frankenia laevis, Statice echioides, Suaeda fruticosa, Tamarix boveana</i>	Exs de Chloroform, ethyl acetate et éther de pétrole	(Saïdana <i>et al.</i> , 2007)
Coléoptères	<i>Tribolium castaneum,</i> <i>Rhyzopertha dominica,</i> <i>Callosobruchus maculatus</i>	Fu	<i>Eucalyptus lehmani, Eucalyptus astringens</i>	HE	(Hamdi <i>et al.</i> , 2015)
Coléoptères	<i>Sitophilus granarius,</i> <i>Rhyzopertha dominica</i>	In	<i>Pseudocytisus integrifolius</i>	HE	(Kassemi <i>et al.</i> , 2013)
Coléoptères	<i>Rhyzopertha dominica</i>	Co	<i>Mentha spicata</i>	HE	(Khalfi <i>et al.</i> , 2006)
Coléoptères	<i>Rhyzopertha dominica</i>	Fu/ Co	<i>Origanum landulosum</i>	HE	(Khalfi <i>et al.</i> , 2013)
Coléoptères	<i>Rhyzopertha dominica</i>	Co	<i>Thymus numidicus</i>	HE	(Saidj <i>et al.</i> , 2008)
Coléoptères	<i>Callosobruchus maculatus</i>	Fu/In	<i>Eucalyptus globulus, Eucalyptus radiata, Laurus nobilis, Salvia officinalis, Myrtus communis Pistacia lentiscus</i>	HE	(Toudert-taleb <i>et al.</i> , 2014)

Coléoptères	<i>Sitophilus oryzae, Tribolium castaneum</i>	Co	<i>Mentha microphylla, Artemisia judaica</i>	HE	(Mohamed et Abdelgaleil, 2008)
Coléoptères	<i>Sitophilus oryzae</i>	Fu/In	<i>Jatropha curcas</i>	HE	(Sabbour, 2013)
Coléoptères	<i>Sitophilus oryzae, Rizopertha dominica</i>	In	<i>Mentha suaveolens, Mentha pulegium</i>	HE	(Benayad <i>et al.</i> , 2012)
Coléoptères	<i>Callosobruchus maculatus</i>	Fu/ Co	<i>Rosmarinus officinalis</i>	HE	(Douiri <i>et al.</i> , 2014)
Coléoptères	<i>Tribolium castaneum</i>	Co	<i>Salvia aucheri</i>	HE	(El Abdouni Khyari <i>et al.</i> , 2014)
Coléoptères	<i>Tribolium castaneum</i>	Co	<i>Mentha suaveolens, Thymus satureioides, Achillea ageratum, Cotula cinerea, Salvia officinalis</i>	HE	(Kasrati <i>et al.</i> , 2015)
Coléoptères	<i>Sitophilus oryzae</i>	Fu	<i>Mentha pulegium</i>	HE	(Zekri <i>et al.</i> , 2013)
Coléoptères	<i>Tribolium castaneum</i>	Fu	<i>Pistacia lentiscus</i>	HE	(Bachrouch <i>et al.</i> , 2010)
Coléoptères	<i>Rhyzopertha dominica, Tribolium castaneum</i>	Fu	<i>Laurus nobilis</i>	HE	(Ben Jemâa <i>et al.</i> , 2012)
Coléoptères	<i>Tribolium confusum</i>	In	<i>Chrysanthemum macrotum</i>	HE	(Haouas <i>et al.</i> , 2011)
Coléoptères	<i>Sitophilus oryzae, Tribolium confusum</i>	Co	<i>Myrtus communis</i>	HE et Ex Méthanol	(Iazzourene <i>et al.</i> , 2014)
Coléoptères	<i>Tribolium castaneum</i>	In	<i>Peganum harmala</i>	Ex Méthanol	(Jbilou et Sayah, 2007)
Coléoptères	<i>Tribolium castaneum</i>	Co/ In	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Ex Méthanol	(Hamouda <i>et al.</i> , 2015)

Coléoptères	<i>Tribolium confusum</i>	In/ Co	<i>Chrysanthemum coronarium, C. macrotum, C. C. myconis, C. fuscatum, C. paludosum, C. trifurcatum, C. grandiflorum</i>	Ex Méthanol	(Haouas <i>et al.</i> , 2008)
Coléoptères	<i>Tribolium castaneum</i>	Fu/Co/ In	<i>Punica granatum</i>	Ex Méthanol, aqueux, ethanol	(Ben Hamouda <i>et al.</i> , 2014)
Coléoptères	<i>Callosobruchus maculatus</i>	In	<i>Verbascum sinuatum</i>	Poudre et Ex Méthanol	(Demnati et Allache, 2014)
Diptères	<i>Culex pipiens</i>	Fu/ Co	<i>Phragmites australis</i>	Aqueous, ethanol and petroleum ether Exs	(Bream <i>et al.</i> , 2009)
Diptères	<i>Culex pipiens</i>	Co	<i>Quercus lusitanica</i>	Exs Aqueux, Méthanol, ethyl acetate, n-butanol, et acetone	(Redwane <i>et al.</i> , 2002)
Diptères	<i>Culex pipiens</i>	Fu	<i>Azadirachta indica</i>	HE	(Alouani <i>et al.</i> , 2009)
Diptères	<i>Lucilia sericata</i>	Fu/ Co	<i>Lactuca sativa, Matricaria chamomilla, Pimpinella anisum, Rosmarinus officinalis</i>	HE	(Hanem <i>et al.</i> , 2011)
Diptères	<i>Culex pipiens</i>	Fu	<i>Trigonella foenum grecum, Cyperus esculentus, Brassica campestris, Boswellia serrata, Eruca sativa, Carum ptroselinum</i>	HE	(Hanem Fathy Khater et Shalaby, 2008)
Diptères	<i>Culex pipiens</i>	Co	<i>Origanum majorana</i>	HE	(El-Akhal, Lalami, Zoubi, Greche, & Guemmouh, 2014)
Diptères	<i>Culex pipiens</i>	Co	<i>Citrus aurantium, Citrus. sinensis, Pistacia lentiscus</i>	HE	(Sayah <i>et al.</i> , 2014)
Diptères	<i>Culex pipiens</i>	Co	<i>Salvia officinalis</i>	HE	(Lamari <i>et al.</i> , 2014)

Diptères	<i>Culex pipiens</i>	Fu	<i>Zizyphus jujuba</i>	Exs d'éthanol, acetone, benzene, et éther de pétrole	(Husseiny <i>et al.</i> , 2014)
Diptères	<i>Anopheles spharoensis</i>	Fu/ Co	<i>Piper nigrum, Zea maïze, Opuntia vulgaris, Punica granatum, Salix safsaf, Cichorium intybus, Sonchus oleraceus, Conyza aegyptiaca, Eucalyptus globulus, Saccharum sp., Citrus aurantifolia, Azadirachta indica</i>	Ex éthanol	(Mansour <i>et al.</i> , 2010)
Diptères	<i>Culex pipiens</i>	Fu/ Co	<i>Echinochloa stagnina</i>	Ex Ether de pétrole	(Bream <i>et al.</i> , 2010)
Diptères	<i>Culex pipiens</i>	Co	<i>Eucalyptus</i> oil fraction, Apricot kernel Ex, Rice bran Ex, Corn Ex.	HE et Exs	(El-Maghraby <i>et al.</i> , 2012)
Hémiptères	<i>Macrosiphum creelii, Acyrthosiphon kondoi, Myzus persicae, Acyrthosiphon pisum, Therioaphis maculata</i>	Co	<i>Azadirachta indica, Thymus saturHEides, Origanum compactum,</i>	HE	(Kassimi <i>et al.</i> , 2012)
Hémiptères	<i>Aphis craccivora Koch</i>	In	<i>Vicia faba</i>	Ex Méthanol	(Frah <i>et al.</i> , 2013)
Hémiptères	<i>Myzus persicae</i>	Co	<i>Olea europaea</i>	Exs Méthanol, acetone et éther de pétrole	(Hamouda <i>et al.</i> , 2015)
Hémiptères	<i>Bemisia tabaci</i>	Co	<i>Lepidium sativum, Capsicum sp</i>	Exs ether de pétrole et butanol	(Radwan <i>et al.</i> , 2007)
Hémiptères	<i>Aphis gossypii</i>	Co	<i>Allium sativum</i>	Ex Xylène	(Kazem et El-Shereif, 2010)
Lépidoptères	<i>Spodoptera littoralis</i>	Fu/ Co	<i>Melia azedarach</i>	Ex Acetone , huiles	(Farag <i>et al.</i> , 2011)
Lépidoptères	<i>Thysanoplusia orichalcea</i>	In	<i>Sapindus mukorossi</i>	Ex Aqueux	(Eddaya <i>et al.</i> , 2013)

Lépidoptères	<i>Spodoptera littoralis</i>	In	<i>Capparis spinosa</i>	Exs Aqueux, hékane, chloroform et Méthanol	(Ladhari <i>et al.</i> , 2013)
Lépidoptères	<i>Ephestia kuehniella</i>	Fu/In	<i>Jatropha curcas</i>	HE	(Sabbour, 2013)
Lépidoptères	<i>Ectomyelois ceratoniae</i> , <i>Ephestia kuehniella</i>	Fu	<i>Pistacia lentiscus</i>	HE	(Bachrouch <i>et al.</i> , 2010)
Lépidoptères	<i>Orgyia trigotephras</i>	Fu/ Co /In	<i>Lavandula stoechas</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i>	HE	(Badreddine <i>et al.</i> , 2015)
Lépidoptères	<i>Ephestia kuehniella</i> , <i>Ephestia cautella</i> , <i>Ectomyelois ceratoniae</i>	Fu	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>E. astringens</i> , <i>E. leucoxydon</i> , <i>E. lehmannii</i> , <i>E. rudis</i>	HE	(Ben Jemaa <i>et al.</i> , 2012)
Lépidoptères	<i>Orgyia trigotephras</i>	Fu/ Co	<i>Eucalyptus globulus</i> , <i>E. lehmannii</i>	HE	(Slimane <i>et al.</i> , 2014)
Lépidoptères	<i>Phthorimaea operculella</i>	Co	<i>Azadiracta indica</i> , <i>Glycine max</i>	HE, Ex	(Hih <i>et al.</i> , 2011)
Lépidoptères	<i>Tuta absoluta</i>	Co	Botanical Extracts	Ex	(Hafsi <i>et al.</i> , 2012)
Lépidoptères	<i>Pectinophora gossypiella</i>		<i>Conyza dioscoridis</i>	Exs Hexane et acétone	(Yousef, 2015)
Lépidoptères	<i>Phyllocnistis citrella</i>	Co/In	<i>Citrus sinensis</i>	Ex Méthanol	(Bouzouina <i>et al.</i> , 2012)
Lépidoptères	<i>Spodoptera littoralis</i>	Co	<i>Alphonso mango</i>	Ex Méthanol	(Srour, 2014)
Lépidoptères	<i>Tuta absoluta</i>	Co	<i>Ricinus communis</i> , <i>Argania spinosa</i> , <i>Urtica dioïca</i> , <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Ononis natrix</i> , <i>Peganum harmala</i> , <i>Lawsonia inermis</i>	Ex Méthanol	(Nilahyane <i>et al.</i> , 2012)
Lépidoptères	<i>Phthorimaea operculella</i>	In	<i>Cucurbita pepo</i>	Poudre	(El-Sinary, 2006)
Orthoptères	<i>Locusta migratoria</i>	In	<i>Pergularia tomentosa</i>	Ex Chloroforme	(Acheuk <i>et al.</i> , 2013)

Orthoptères	<i>Schistocerca gregaria</i>	Co	<i>Pelargonium radula, Cuminum cyminum, Ocimum basilicum, Origanum vulgare, Matricaria chamomilla</i>	HE	(Mansour <i>et al.</i> , 2015)
Orthoptères	<i>Schistocerca gregaria</i>	Co	<i>Peganum harmala</i>	HE	(Kemassi <i>et al.</i> , 2013)
Orthoptères	<i>Schistocerca gregaria</i>	In	<i>Solanum sosomaeum</i>	Exs Hexane, dichloromethane, ethyl acetate and Méthanol	(Zouiten <i>et al.</i> , 2006)
Thysanoptères	<i>Frankliniella occidentalis</i>	Co/ In	Baicao from chinese herbs	Exs	(Elimem et Chermiti, 2011)

5. Conclusion

Mis à part quelques résultats prometteurs montrés dans les essais biologiques de laboratoire, la commercialisation des insecticides botaniques dans le monde reste limitée en raison de plusieurs facteurs tels que leur faible efficacité sur terrain par rapport au laboratoire. Les difficultés de normalisation des extraits de plantes et leur dégradation rapide après l'application.

Notre analyse d'un nombre considérables des recherches publiées au cours des 20 dernières années par les pays d'Afrique du Nord, nous ont amenés à constater que la majorité des études ont besoin de plus de détail comme : la caractérisation chimique de leurs préparations végétales. D'autre part, nous notons également le manque d'exploitation des études existantes ; ils ne sont pas impliqués dans les stratégies de lutte contre les insectes ravageurs rencontrés par les agriculteurs de cette région.

II. PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 3. Extraction et étude phytochimique de quelques plantes spontanées à effet insecticides

1. Introduction

Les végétaux synthétisent un grand nombre de substances chimiques, appelées métabolites secondaires, qui trouvent leur origine dans les produits du métabolisme primaire. Leur rôle n'est pas bien établi, mais il semblerait que certaines de ces molécules sont actives et possèdent des fonctions précises comme pigment ou substance de signal (attraction d'insectes pollinisateurs), phytohormone, substance de défense (insectes, herbivores, stress oxydatif) ou précurseur de synthèse (Richter, 1993). Les plantes qui poussent dans des conditions semi-arides produisent généralement des concentrations de substances actives plus élevées par rapport aux mêmes espèces dans les climats humides.

Les ressources végétales spontanées constituent jusqu'à ce jour une source d'intérêt primordial pour l'homme et ses besoins. Elles représentent aussi un phytomédicament appréciable par la population de certains pays du Monde et surtout les pays en voie de développement (Tabuti *et al.*, 2003).

Traditionnellement, certaines de ces plantes sont utilisées pour leurs vertus médicinales et aussi pour leurs effets toxiques et répulsifs contre les insectes nuisibles (Niroumand *et al.*, 2016). Peu de recherches ont intéressé d'investiguer les propriétés de ces plantes sahariennes dans le domaine de la protection des cultures, on cite travaux de Acheuk et Doumandji-Mitiche (2013), Bourmita *et al.*, (2013), Dehliz *et al.* (2018), Harzia *et al.*, (2014), Kemassi *et al.*, (2013) et Kemassi *et al.*, (2014).

Ce chapitre a pour but de présenter trois plantes spontanées sahariennes signalées par la littérature scientifique ayant des activités insecticides remarquables sur plusieurs ravageurs de cultures, et de décrire aussi la procédure de leurs extractions et les composés détectés au sein de l'étude phytochimique réalisé sur les extraits de ces plantes.

2. Matériel et méthodes

2.1. Sélection et récolte des plantes

La sélection du matériel végétal est la première étape dans notre travail, la réalisation de cette étape est basée sur :

- Les travaux scientifiques antérieurs (études phytochimiques, ethnobotaniques, etc.).
- L'utilisation traditionnelle des plantes par la population locale.
- L'observation des plantes dans leur environnement naturel.
- Les aspects botaniques et chimiotaxonomiques.

La détermination des espèces a été réalisée grâce aux clés suivantes : Flore du sahara (Ozenda, 1991) ; Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien (Chehema, 2006).

2.1.1. Site d'échantiollnage

La région du M'zab est située à 600 km au sud de la capitale. Elle occupe une région de haute terres (dorsale) dolomitique découpées en un réseau de vallées, d'où le nom de Chebka du M'zab (Daddi Bouhoune, 1997)

Le M'zab comprend non seulement la Chebka mais aussi les parcours sahariens avoisinants d'aspects plat ou faiblement ondulé qui s'inclinent à l'est vers la dépression d'Ouargla, et à l'ouest vers le Grand Erg occidental.

Le climat de la région du M'zab est hyper aride à deux périodes : une période chaude entre Mai et Octobre et une période froide entre Novembre et Avril. Les précipitations sont faibles et inférieures à 70mm. Une humidité relative inférieure à 56%. Les vents sont souvent violents entre Mars et Juin. L'évapotranspiration potentielle annuelle est supérieur à 1782mm.

L'échantiollage de nos plantes a été fait à Oued Ntissa au niveau de la vallée du Mz'ab. Les détails de l'échantiollnage (cordonnées GPS, date et heure de récolte) sont indiqués dans le tableau 3. Ce site a un sol sableux chargé de limons et caractirisé par une couverture végétale pauvre appartenant à la flore saharienne.

Tableau 3 Détails de la récolte des plantes

La plante	Date et heure de récolte	Coordonnées GPS
<i>Ricinus communis</i> (Le ricin)	Le 15/02/2016 à 08 :00	Lat: 32.437757 Lon: 3.636320
<i>Peganum harmala</i> (El harmel)	Le 30/05/2016 à 07 :00	Lat: 32.474360 Lon: 3.681900
<i>Citrullus colocynthis</i> (La coloquinte)	Le 29/05/2016 à 07 :30	Lat: 32.474360 Lon: 3.681900

2.1.1. Le ricin *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) : un petit arbre (photo 3) qui se trouve dans une cinquantaine de pays dans le monde, traditionnellement, la plante est utilisée comme laxatif, purgatif, engrais et fongicide. C'est une source importante de composés chimiques avec ces propriétés pharmacologiques (Jena et Gupta, 2012; Kiran *et al.*, 2017; Rana *et al.*, 2012; Scarpa et Guerci, 1982).



Photo 3. La plante de Ricin *Ricinus communis* (Babaousmail, 2019)

2.1.2. El harmel *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) : est connue sous le nom El Harmel (photo 4). Il a été utilisé depuis longtemps en médecine traditionnelle pour le soulagement de la douleur et comme un agent antiseptique. *P. harmala* a également des activités antimicrobiennes et insecticides. (Asgarpanah & Ramezanloo, 2012).



Photo 4. Plante EL-Harmel *Peganum harmala* (Babaousmail, 2019)

2.1.3. La coloquinte *Citrullus colocynthis* (Cucurbitaceae) : est une plante cucurbitacée précieuse, largement distribuée dans les régions désertiques du monde. Les fruits de la coloquinte *C. colocynthis* sont généralement reconnus pour leur large éventail d'utilisations médicinales notamment pour les diabètes ainsi que leur potentiel pharmaceutique (Hussain *et al.*, 2014).



Photo 5. Plante de la coloquinte *Citrullus colocynthis* (Babaousmail, 2019)

2.2. Préparation des extraits par reflux

Les extraits ont été préparés à partir de 3 plantes spontanées. Les parties utilisées sont : Parties aériennes de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae), feuilles et tiges de *Citrullis colocynthis* et feuilles de *Ricinus communis*. Les plantes ont été rincées avec de l'eau distillée, séchées à l'air sous l'abri pendant 7 jours et broyées en poudre utilisant un broyeur électrique. L'extrait de méthanol a été préparé en mettant en contact 100 g de poudre avec 400 ml de méthanol et 200 ml d'eau distillée, méthanol : eau (2: 1), dans un ballon et chauffés par reflux pendant 7 h à 50 ° C. Les solutions ont été laissées à refroidissement à la température ambiante et puis filtrées avec un papier filtre Whatman numéro 1 en suite concentrées à l'aide d'un évaporateur rotatif. Les extraits ont été conservés à 5° C.

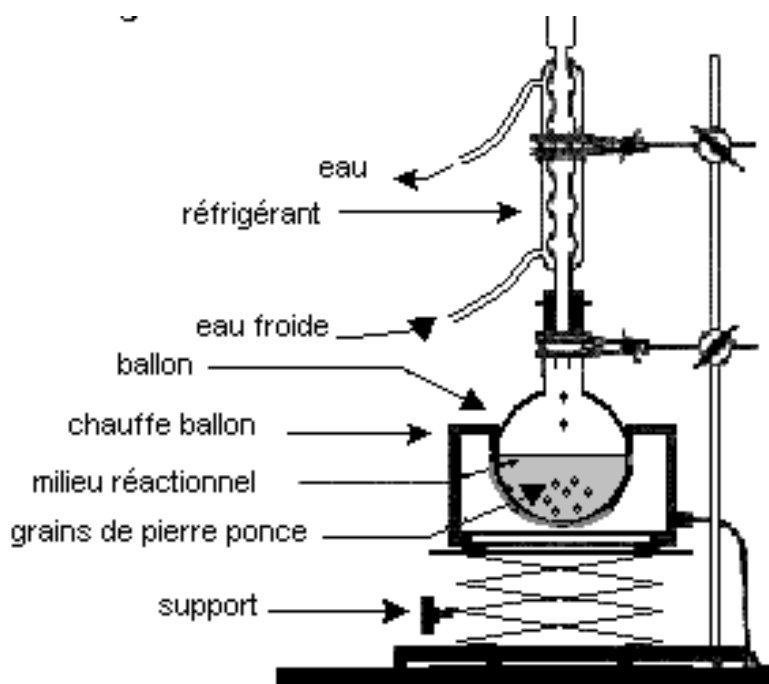


Figure 11. Montage d'extraction par reflux. Source : physique.chimie.pagesperso-orange.fr

2.3. Calcul de la concentration :

La concentration de l'extrait est le rapport de la masse de l'extrait sec sur la masse de l'extrait recueilli après la vaporisation du Méthanol, exprimée en pourcentage.

$$C(\%) = \frac{M1}{M2} \times 100$$

M1 : Masse de l'extrait sec après séchage dans l'étuve à 60°C pendant 24 heures.

M2 : Masse de l'extrait liquide après la vaporisation du méthanol.

2.4. Criblage phytochimique

2.4.1. Les saponosides : La détection des saponosides est réalisée en ajoutant quelques gouttes d'eau à 2 ml de l'extrait aqueux, ensuite 20 min après l'agitation, la teneur en saponosides est évaluée selon les critères suivants (Trease et Evans, 1987) :

- Pas de mousse = Test négatif.
- Mousse de 1-2 cm = Test positif.

2.4.2. Test des alcaloïdes (Macération en milieu alcalin): Une quantité de 2 mg du matériel végétal est mise dans un bécher de 50 ml avec 10 ml d'acide

sulfurique (H_2SO_4) (10%), l'ensemble est porté sur un agitateur pendant 3 heures. Ensuite, le mélange est filtré et réparti dans trois tubes, on ajoute : Dans le premier tube, 1ml de filtrat plus 5 gouttes du réactif de Mayer, un test positif est révélé par l'apparition d'un précipité blanc-jaunâtre. Dans le deuxième tube, 1 ml de filtrat plus 5 gouttes du réactif de Wagner. S'il apparait un précipité brun, donc on est en présence d'alcaloïdes. Dans le troisième tube, 1ml de filtrat plus 5 gouttes du réactif de Dragendorff. L'apparition d'un précipité rouge orangé indique la présence des alcaloïdes.

2.4.3. Anthraquinones libres (Réaction de Borntrager) : On ajoute 2,5 ml d'une solution de l'ammoniaque (NH_4OH) (20 %) à 5 ml de l'extrait aqueux puis agiter. L'apparition d'une coloration plus ou moins rouge indique la présence des anthraquinones libres.

2.4.4. Terpénoïdes (Test de Slakowski) : dans 1 ml de l'extrait aqueux, on ajoute 0,4 mL de chloroforme ($CHCl_3$) et 0.6 ml de H_2SO_4 concentré. La présence des terpénoïdes est mise en évidence par l'apparition d'un anneau marron à l'interphase (Khan *et al.*, 2011).

2.4.5. Flavonoïdes : La réaction de détection des flavonoïdes consiste à traiter 2,5 ml de l'extrait éthanolique avec 0.5 ml d' HCl concentré et quelques copeaux de magnésium (Mg). La présence des flavonoïdes est mise en évidence si la couleur rose ou rouge se développe après 3 minutes (Bruneton, 1999).

2.4.6. Tanins : La présence des tanins est mise en évidence en ajoutant à 1 ml de l'extrait éthanolique, 2 mL d'eau et entre 2 à 3 gouttes de solution de Chlorure de fer ($FeCl_3$) diluée. Un test positif est révélé par l'apparition d'une coloration bleu-noire, ou bleu-verte (Trease et Evans, 1987).

2.6. Extraction des huiles essentielles

Dans un ballon de 1000 ml, 300 mg de feuilles sèches ont été mis en contact avec suffisamment d'eau distillée. L'eau est portée à ébullition à l'aide d'un chauffe ballon, en prenant garde de ne pas chauffer jusqu'à sec. La vapeur d'eau entraîne les produits organiques volatils qui se condensent à l'aide d'un réfrigérant (Figure 12). Après décantation, les huiles essentielles sont récupérées. Elles subissent une déshydratation par addition du sulfate de sodium anhydre, afin d'éliminer le peu d'eau susceptible d'avoir été retenue dans la phase organique.

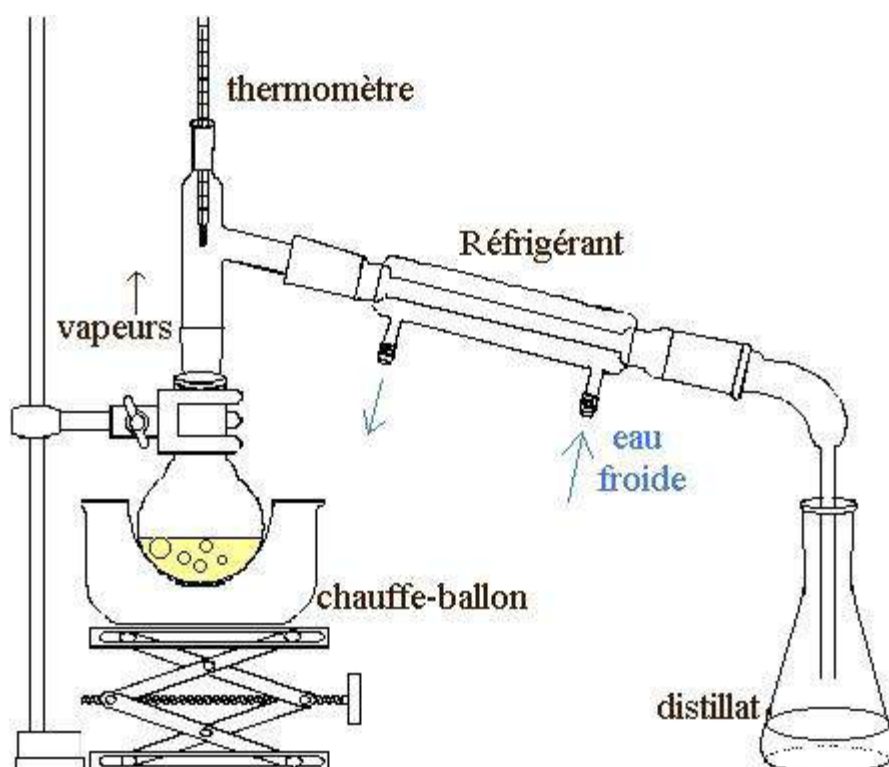


Figure 12. Montage d'hydrodistillation. Source : (<http://tpe-parfum-2009-2010.e-monsite.com/>)

3. Résultats

3.1. Les extraits aqueux

Tableau 4. Concentrations des extraits aqueux.

Extraits	<i>C. colocynthis</i>	<i>R. communis</i>	<i>P. harmala</i>
Concentration des extraits (m/v)	14,06%	15,13%	14,98%

Après la procédure de l'extraction par reflux et la vaporisation du solvant, un extrait peu visqueux de couleur vert foncé est obtenu. Leurs concentrations varient entre 14% et 16% (Tableau 4).

3.2. Criblage phytochimique des extraits bruts

Tableau 5. Résultats de criblage phytochimique des extraits des plantes étudiées, (-) absent (+) présent

	<i>C. colocynthis</i>	<i>P. harmala</i>	<i>R. communis</i>
Tanins	+	+	+
Alcaloïdes	+	+	+
Anthraquinones	+	+	-
Terpenoids	-	-	-
Flavonoids	+	+	+
Saponines	+	+	+

Les tests phytochimiques sur les différentes préparations ont révélé la richesse des trois plantes en : Tanins, alcaloïdes, flavonoïdes et saponines. Alors que les terpénoides n'ont pas été détectés dans nos extraits. Le criblage phytochimique indique aussi que *P. harmala* et *C. colocynthis* contiennent des anthraquinones mais dans les feuilles du ricin *R. communis* ces composés sont absents.

3.4. Les huiles essentielles

Le rendement d'extraction des huiles essentielle par hydrodistillation était très faible, voire nulle chez les trois plantes sélectionnées. De ce fait, les huiles essentielles ont été exclues de nos bio-essais.

4. Discussion

Les parties étudiées de *C. colocynthis*, *P. harmala* et *R. communis* ont été testés pour leur composition en métabolites secondaires, Pour la détection des tanins, des alcaloïdes, des flavonoïdes et des saponines, ces résultats de criblage phytochimique sont cohérents avec les études précédentes. Ils ont tous signalé la présence de ces composés phytochimiques chez *P. harmala* (Fatma *et al.*, 2016), chez *C. colocynthis* (Uma et Sekar 2014; Al-Snafi 2016) et chez *R. communis* (Mamoucha *et al.*, 2017; Nemudzivhadi et Masoko 2015; Obumselu *et al.*, 2011). Par contre, les terpénoides n'ont pas été détectés dans les trois plantes.

Le criblage phytochimique de *P. harmala* a révélé la présence d'anthraquinones dans les grains et leurs absences dans les feuilles (Fatma *et al.*, 2016).

De nombreux facteurs affectent la variation de la composition des métabolites secondaires des extraits végétaux, tels que les conditions environnementales, les variations géographiques, les facteurs génétiques du matériel végétal et les méthodes d'extraction (Figueiredo *et al.*, 2007). Ces preuves peuvent expliquer la variation entre les résultats des criblages phytochimiques trouvés dans différentes espèces de plantes.

Le groupe le plus important, par le nombre et les activités pharmacologiques, est sans conteste celui des alcaloïdes. Ce terme désigne des substances naturelles qui réagissent comme des bases (alcalis) comme l'indique Bruneton (1999). Les alcaloïdes ont été détectés dans les trois extraits. Les alcaloïdes sont les constituants les plus intéressants chez *P. harmala* et *R. communis* en raison de leurs bioactivités. L'harmaline et l'harminine ont été isolées comme principaux ingrédients actifs dans les alcaloïdes totaux de *P. harmala* (Shao *et al.*, 2013), tandis que la ricinine a été isolée des feuilles séchées de *R. communis* (Ramos-Lopez *et al.*, 2010). Pour *C. colocynthis*, les terpénoïdes semblent être la famille de composés phytochimiques la plus intéressante en raison de leurs activités antibactériennes (Mehta *et al.*, 2013) et insecticides (Zou *et al.*, 2018) révélées chez les cucurbitacines telles que la cucurbitacine E et la cucurbitacine B.

Le rendement d'extraction des huiles essentielles par l'hydrodistillation était presque nul. Ce résultat est contradictoire de ce qui est indiqué en bibliographie. Zarai *et al.*, (2012) ont arrivé à extraire l'huile essentielle des feuilles Ricin et de tester ses propriétés cytotoxiques et anti microbienne. La variation physiologique peut influencer sur la teneur en composés volatile de la matière végétale, le stade de développement de l'organe de la plante (feuille, fleur et ontogenèse du fruit) est déterminant pour la composition du volatil (Badalamenti, 2004).

D'après l'expérience d'Ida Apostolico *et al.* (2016) le rendement des grains de *P. harmala* en huiles essentielle est variable selon la provenance de la plante. Dans les meilleures conditions, le rendement ne dépasse pas 0,01%.

La matière végétale utilisée pour l'extraction dans nos expériences est constitué principalement par les feuilles. Bien que de nombreuses espèces produisent une composition similaire en huiles essentielles pour leurs différents organes, la composition peut également être largement dépendante de la partie de la plante utilisée : fanes, parties vertes (feuilles et tiges), écorce, bois, fruits entiers, péricarpe ou graine, ou des racines (Olawore *et al.*, 2005 ; Novak *et al.*, 2005).

5. Conclusion

Le criblage phytochimique des : Parties aériennes de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae), feuilles et tiges de *Citrullis colocynthis* et feuilles de *Ricinus communis* a révélé la richesse des trois plantes en tanins, alcaloïdes flavonoïdes et saponines. Alors que les Terpénoides n'ont été pas détectés. Le criblage phytochimique indique aussi que *P. harmala* et *C. colocynthis* contiennent des anthraquinones mais dans les feuilles du ricin *R. communis* ces composés sont absents.

Le teneur des parties utilisées de *P. harmala*, *R. communis* et *C. colocynthis* en huile essentielles est très faible, voire nulle.

Chapitre 4. Évaluation de l'activité larvicide et répulsive des extraits aqueux sur la cochenille blanche du palmier dattier *Parlatoria blanchardi*.

1. Introduction

Très peu d'études ont examiné l'effet des insecticides d'origine végétale contre *Parlatoria blanchardi*. Ces études réalisées sur terrain n'ont pas donné avec précision l'efficacité de leurs tentatives (Benaïssa et Belhamra, 2017), du fait que l'évaluation de la toxicité sur la cochenille blanche est compliquée à cause de sa bio-écologie. Elle est fixe, protégée par un bouclier et dans 1 cm² de foliole infestée on trouve une population hétérogène en âge et en sexe, des individus morts et des boucliers vides.

Ceci étant, nous avons voulu évaluer dans les conditions de laboratoire les activités toxique et répulsive de trois plantes spontanées qui poussent dans le désert algérien : *Ricinus communis*, *Citrullus colocynthis* et *Peganum harmala* sur les larves de premier stade de la cochenille blanche du palmier dattier *Parlatoria blanchardi*.

2. Matériel et méthodes

2.1. Évaluation de l'effet répulsif

Des palmes de palmiers dattiers (*Phoenix dactelyfera* L.) de la variété Ghars ont été prélevées de l'exploitation agricole de l'Université de Kasdi Merbah à Ouargla, et amenées au laboratoire.

À l'aide de ciseaux, une quantité suffisante des morceaux des folioles qui mesurent 60 mm x 12 mm ont été préparés à partir des palmes fortement infestées et non infestées par la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi*. Chaque morceau de foliole non infesté a été traité à l'aide d'un pulvérisateur à main tenu à une distance de 10 à 20 cm de la surface de la foliole.



Photo 6. les morceaux de folioles préparés pour les bio-essais,(à droite les folioles fortement infestées et à gauche celles non infestées) (Babaousmail, 2019)

Ensuite, la foliole traitée est placée sous un morceau de foliole fortement infestée formant un Plus (+) et agrafé au milieu pour assurer un mouvement facile des larves mobiles entre les deux folioles (figure 13). Ensuite, il a été placé dans une boîte de Petri de 9 cm qui contient du coton humidifié. Ce dernier est arrosé lorsqu'il est nécessaire pendant l'expérience afin que les morceaux de folioles restent frais. La boîte de Petri est maintenue sans couvert pour éviter l'humidité élevée qui pourrait entraver le développement de la cochenille (Idder-ighili *et al.*, 2015).

Les morceaux non infestés ont été observés tous les 2 jours à l'aide d'une loupe binoculaire à un grossissement 4 et $\times 10$ pour vérifier la présence des larves mobiles sur les folioles non-infestées.

Les traitements sont : les trois extraits sous différentes concentrations (8,8 ; 17,5 ; 35 ; 70 mg/ml) et l'eau distillée comme témoin. Chaque traitement a été répété 5 fois mais réduit à 4 en raison de la dessiccation de quelques folioles. L'expérience a été effectuée en avril 2017 dans des conditions générales de laboratoire ($26^{\circ} \text{C} \pm 4$, 24% HR et un photopériodisme de 12: 12 [Jours : Nuit] h).

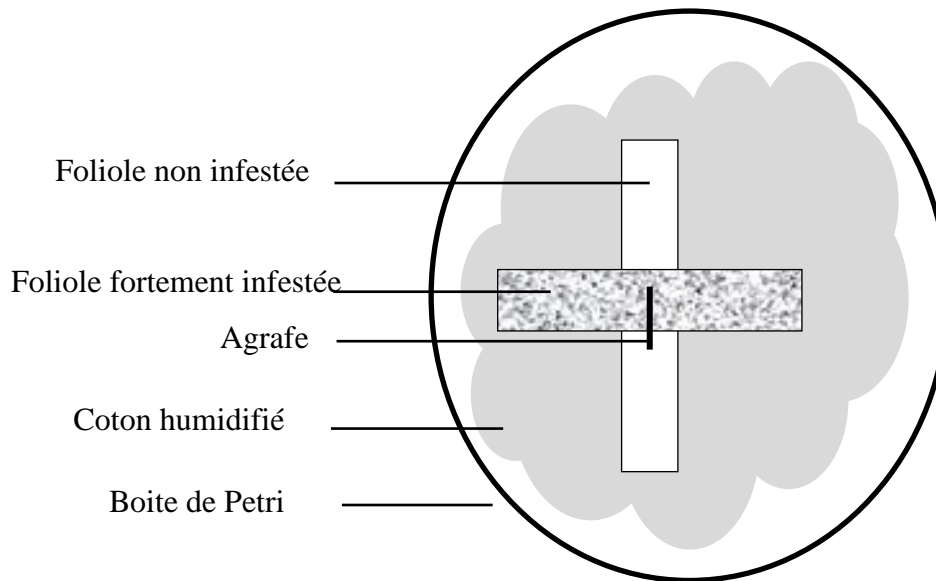


Figure 13. Méthode d'évaluation de l'activité répulsive (Babaousmail, 2019)

2.2. Évaluation de la toxicité

Des palmes de palmiers dattiers *Phoenix dactelyfera* de la variété *Ghars* ont été prélevées à partir de l'exploitation agricole de l'Université Kasdi Merbah à Ouargla, et ramenées au laboratoire. À l'aide de ciseaux, une quantité suffisante des morceaux des folioles de dimension (60 mm x 12 mm) a été préparée à partir des palmes non infestées par la cochenille blanche.

Notre but consiste à infester ces morceaux de folioles non infestées en les mettant en contact avec d'autres folioles fortement infestées qui devront être enlevées par la suite.

Pour que les morceaux de folioles restent frais, chaque morceau est placé dans une boîte de Petri de 9 cm qui contient du coton mouillé à chaque fois qu'il est nécessaire pendant l'expérience (Figure 14). La boîte de Petri est maintenue sans couvert pour éviter l'humidité élevée qui pourrait entraver le développement de la cochenille (Idder-ighili, Idder, Doumandji-Mitiche, & Chenchouni, 2015). L'expérience est effectuée en juin 2017 dans des conditions générales de laboratoire ($32\text{ °C} \pm 2$, $24\% \text{ HR} \pm 4$ et un photopériodisme de 12: 12 [Jours : Nuit] h).

Les morceaux de folioles récemment infestés ont été traités à l'aide d'un pulvérisateur à main tenu à une distance de 10 à 20 cm de la surface de la foliole. Ces traitements sont réalisés par des extraits préparés à différentes concentrations (8,8 ;

17,5 ; 35 ; 70 mg / ml), Dursban® Chlorpyrifos 0,4 mg / ml comme témoin positif et l'eau distillée comme témoin négatif. Dans ces réalisations, six répétitions ont été effectuées.

2.2.1. Présentation du Chlorpyrifos :

Le chlorpyrifos (C₉H₁₁Cl₃NO₃PS ou diethoxy-sulfanylidene-(3,5,6-trichloropyridin-2-yl)oxyphosphorane) est un insecticide de la famille chimique des organo-phosphorés¹. Cette substance se présente sous forme de cristaux blancs et très peu solubles dans l'eau : 2 mg/l (ACTA, 2004).

Les seuls usages rapportés pour le chlorpyrifos sont liés à son action de pesticide, soit pour un usage agricole ; contre les cochenilles, les carpocapses et les criquets, soit pour un usage domestique (par exemple les boîtes appât contre les fourmis) (EPA, 2000).

2.2.2. Calcul de la mortalité

Après 7 jours de traitement, les larves qui ne sont pas passées au 2^{ème} stade ont été considérées comme mortes. Le nombre de larves mortes a été compté dans chaque boîte de Petri, et le pourcentage de mortalité (PM) a été calculé par la suite, selon le rapport : nombre d'individus morts sur le nombre total de larves.

$$PM \% = \frac{\text{nombre des larves mortes}}{\text{nombre total des larves}} \times 100$$

En utilisant le logiciel SPSS version 22.0, le pourcentage de mortalité est corrigé en introduisant la valeur du taux de mortalité chez le témoin négatif. La transformation Probit, suivi par l'analyse de régression, a été utilisée pour estimer les concentrations létales (CL₅₀, CL₉₀) (Finney, 1964).

2.3. Analyse statistique

Les données recueillies ont été traitées à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA) à un facteur. Les différences statistiquement significatives entre les concentrations des extraits et les témoins ont été déterminées par un test post-hoc de Tukey pour détecter des différences significatives au seuil de 0,05%. Ces analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel SPSS version 22.0.

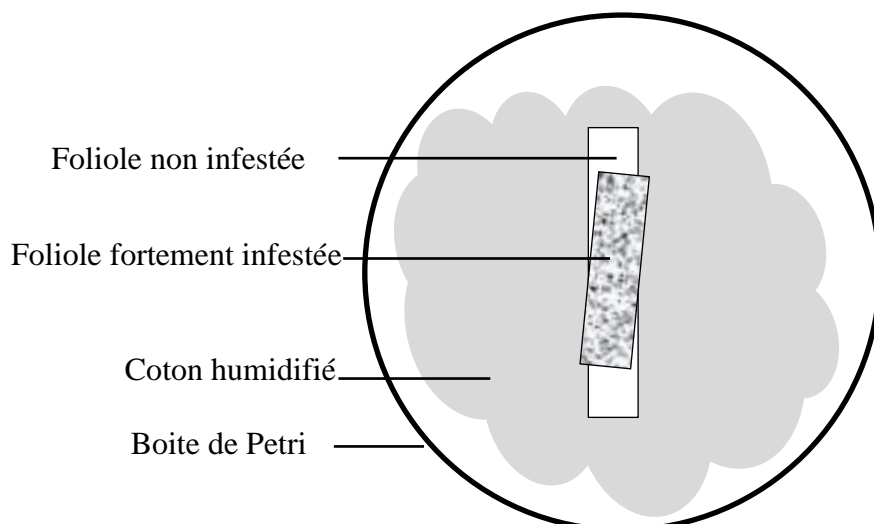


Figure 14. Méthode d'infestation des folioles pour le test d'effet de mortalité. (Babaousmail, 2019)

3. Résultats

3.1. L'activité répulsive

Une analyse de variance à un facteur (ANOVA) entre les groupes a été menée pour évaluer l'effet répulsif des traitements vers les larves mobile de la cochenille blanche, après 15 jours de pulvérisation des folioles non infestés. Il y avait une différence statistiquement significative au niveau $p < 0,05$ [$F(2, 42) = 3,26$, $p = 0,002$].

Les comparaisons post-hoc utilisant le test de Tukey ont indiqué que le nombre moyen de larves mobiles déplacées vers les folioles non infestés était significatif chez le traitement *R. communis* $P < 0,05$.

Cependant, la signification dans les traitements de *C. colocynthis* et *P. harmala* dépendait aux concentrations, où il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les folioles du témoin négatif traitées par l'eau distillée et celles traitées par l'extrait de *P. harmala* à 35 mg/ml ($p = 0,14$) et aussi chez le traitement *C. colocynthis* à des concentrations de 17,5 et 70 mg/ml ($p = 0,092$ et $p = 0,052$ respectivement) (Tableau 6).

Tableau 6. Test post-hoc de Tukey pour déterminer la différence des traitements (l'extrait de *R. communis*, *P. harmala* et *C. colocynthis* à différentes concentrations) par rapport au témoin (eau distillée), 15 jours après le traitement

Traitement	Concentration mg/ml	Différence de moyen (I-J)	Erreur type	Sig.	Limite inférieure	Limite supérieure
<i>Peganum harmala</i>	8,8	25,000*	5,297	0,002	6,16	43,84
	17,5	23,000*	5,297	0,006	4,16	41,84
	35	16,500	5,297	0,140	-2,34	35,34
	70	19,250*	5,297	0,041	0,41	38,09
<i>Ricinus communis</i>	8,8	24,500*	5,297	0,003	5,66	43,34
	17,5	24,250*	5,297	0,003	5,41	43,09
	35	25,000*	5,297	0,002	6,16	43,84
	70	24,500*	5,297	0,003	5,66	43,34
<i>Citrullus colocynthis</i>	8,8	24,250*	5,297	0,003	5,41	43,09
	17,5	17,500	5,297	0,092	-1,34	36,34
	35	25,000*	5,297	0,002	6,16	43,84
	70	18,750	5,297	0,052	-0,09	37,59

Après 7 jours du début de l'expérience, nous avons commencé à observer le mouvement des larves mobiles sur la surface des folioles non infestées provenant de celles fortement infestées (Photo 7), les observations étaient principalement chez le traitement de témoin (eau distillée), avec une moyenne de $M = 4$ larves par foliole, alors que la moyenne des larves ne dépassait pas $M = 1$ chez les autres traitements.

À partir des données indiquées dans les figures 15, 16 et 17 il est évident que le nombre de larves mobiles chez le témoin augmentait avec le temps jusqu'au 15^{ème} jour (fin de l'expérience) lorsqu'il atteignait $M = 25,5$, alors que la moyenne la plus élevée enregistré chez le reste des traitements est $M = 8,5$ c'est le cas des folioles traitées par *P. harmala* à la concentration 35 mg/ml.

En ce qui concerne les folioles traitées par les extraits de plantes, l'évolution du nombre moyen de larves mobiles varie entre $M=0$ et $M=1,75$ durant l'expérience chez les traitements *R. communis* (Figure 15).

Nous avons observé une augmentation remarquable des larves mobiles à partir du 11^{ème} jour au niveau des concentrations les plus élevées 35 et 70 mg/ml dans le cas de *P. harmala* (Figure 16).

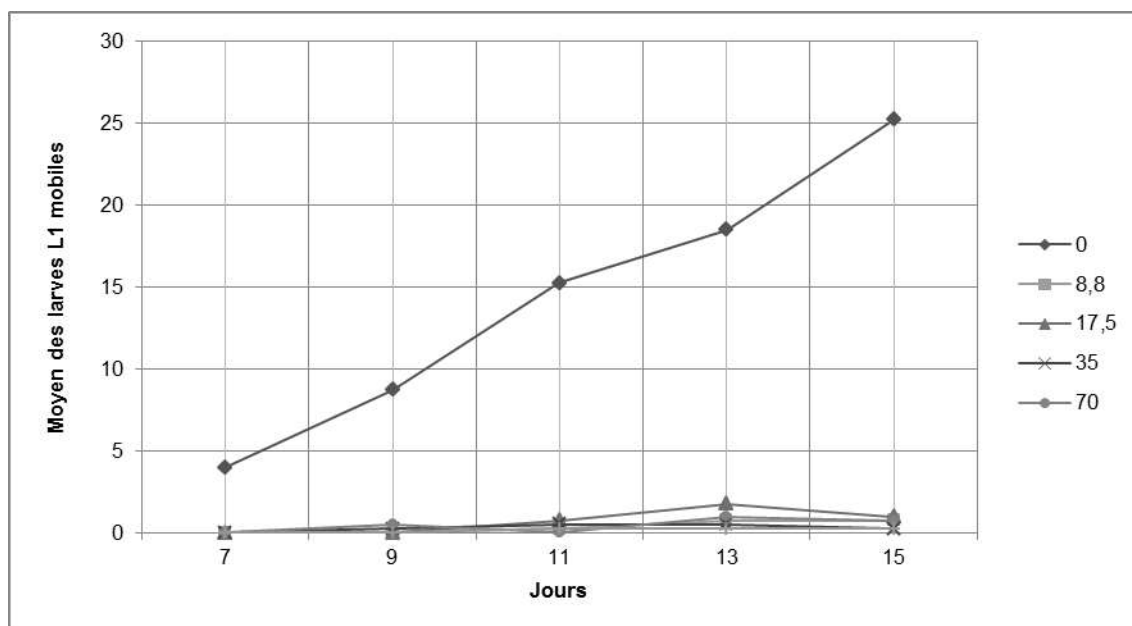


Figure 15. Effet répulsif de l'extrait de *R. communis* comparé au témoin. Les lignes représentent les moyennes des larves mobiles trouvées sur les folioles non-infestés traitées

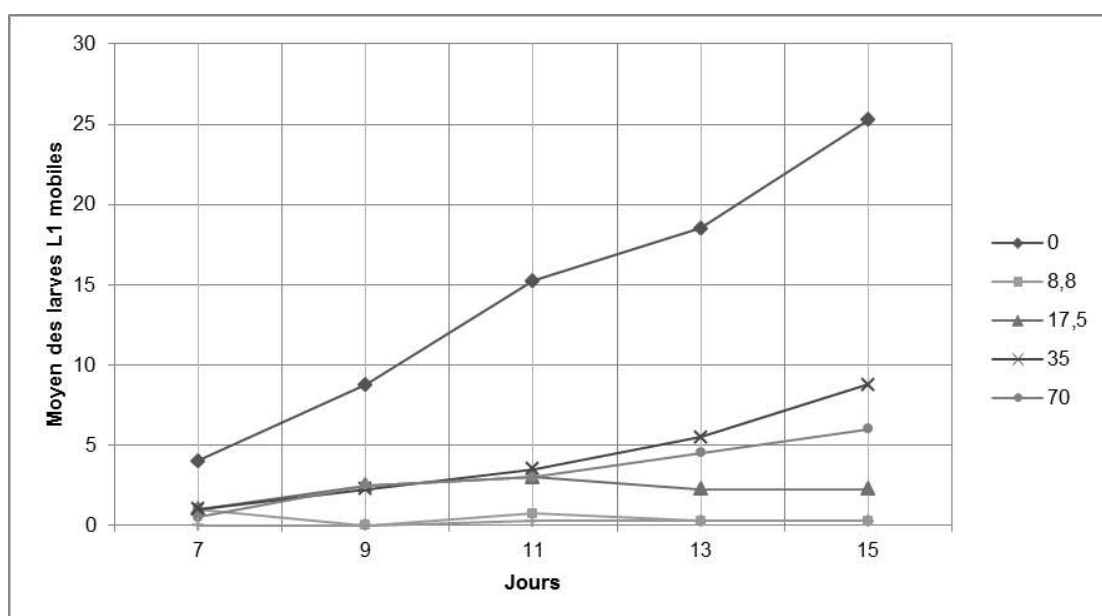


Figure 16. Effet répulsif de l'extrait de *P. harmala* comparé au témoin. Les lignes représentent les moyennes des larves mobiles trouvées sur les folioles non-infestés traitées.

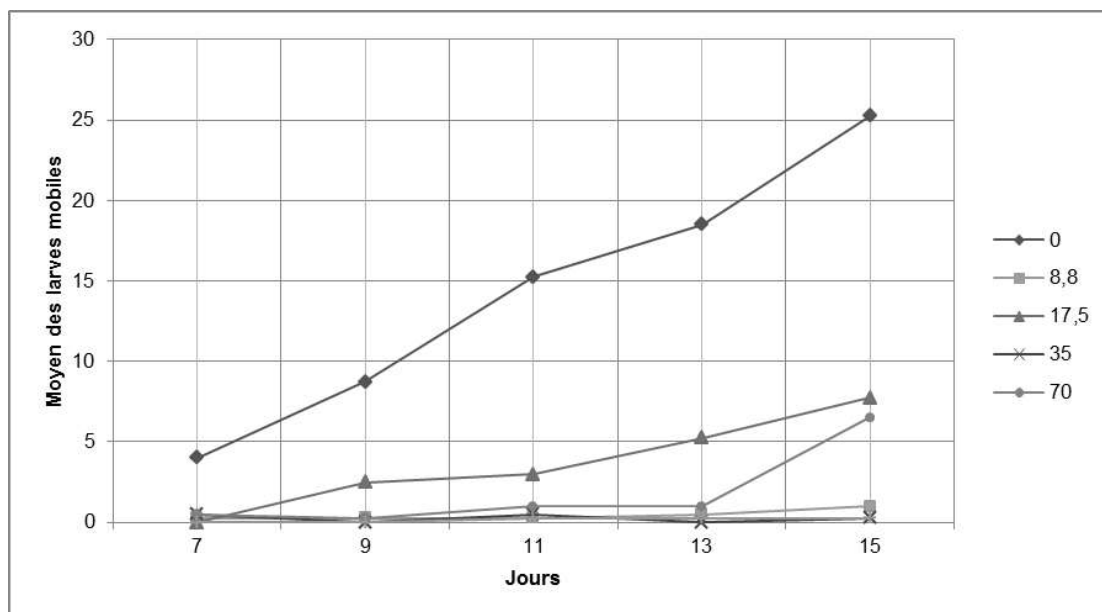


Figure 17. Effet répulsif de l'extrait de *C. colocynthis* comparé au témoin.

Les lignes représentent les moyennes des larves mobiles trouvées sur les folioles non-infestés traitées

Durant cette expérience, M = 1 était le moyen le plus élevé de nombre de larves mobiles qui se sont déplacés vers les folioles traités par la plus faible concentration testée 8,8 mg/ml des trois extraits de plantes. De ce faite il n'y a pas de corrélation entre la concentration des extraits et la répulsion des larves mobiles de la cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi*).



Photo 7. Larves L1 mobiles observées sur une foliole non-infestée chez le traitement (témoin), (la larve entourée par le cercle rouge est en début de fixation). (Babaousmail, 2019)

3.2. Evaluation de la toxicité

La concentration létale 50 (CL₅₀) d'un insecticide est la concentration qui engendre la mortalité de la moitié 50% de la population traitée. La CL₅₀ estimée pour chacun des extraits testés, permet de comparer leur toxicité. Les valeurs sont regroupées dans le tableau 7.

Tableau 7. Concentrations létales 50 et 90 (CL₅₀ et CL₉₀) des extraits de *R. communis*, *P. harmala* et *C. colocynthis*. Vis-à-vis des larves du premier stade de la cochenille blanche *P. blanchardi*

Extrait de plante	Pente ± Erreur -type	mg/ml			
		CL ₅₀	Intervalle de confiance à 95%	CL ₉₀	Intervalle de confiance à 95%
<i>R. communis</i>	0,88± 0,276	2,164	0,001- 6.498	27,689	14,330- 115,520
<i>P. harmala</i>	0,77 ± 0,214	3,060	3,060- 0.98	19,89	15,110- 29,10
<i>C. colocynthis</i>	0,40 ± 0,067	6,621	1,324- 10.700	24,887	16,848- 58,714

L'estimation des concentrations létales pour les trois extraits végétaux testés permet la vérification du degré de toxicité de ces trois préparations vis-à-vis des larves du premier stade de *Parlatoria blanchardi*. Il est noté que l'extrait de *R. communis* semble le plus toxique ; une valeur de CL₅₀ de l'ordre de 2,16mg/ml est rapportée, suivi par l'extrait de *P. harmala* (CL₅₀ = 3,06mg/ml) et enfin l'extrait de *C. colocynthis* (CL₅₀ = 6,62 mg/ml); ce dernier s'est avéré le moins toxique.

L'analyse de la variance ANOVA à un facteur contrôlé (Tukey deux à deux) a permis de comparer l'efficacité larvicide de chaque concentration des extraits de *P. harmala*, *R. communis* et *C. colocynthis* avec les témoins (témoin négatif= eau distillée ; témoin positif= Chlorpyrifos 0,4mg/ml) (tableau 8).

Une différence significative entre les groupes de traitements est rapportée ; la valeur du facteur F =39, 76; p <0.000. En outre, les valeurs des pourcentages de mortalité des larves montrent une efficacité particulière des extraits testés même aux concentrations faibles comparativement aux larves témoins traitées par l'eau distillée ; le test post hoc de Tukey a révélé une différence très hautement significativement entre les lots traités et le lot témoin négatif (tableau 8). Parallèlement, le traitement des larves de *Parlatoria blanchardi* par le Chlorpyrifos 0,4 mg/ml dans sa dose préconisée, donne un taux de mortalité de 91,91%±4,62 (tableau 8). Cette valeur est comparable aux valeurs notées au niveau des lots traitées par les extraits végétaux.

Ces résultats ne sont pas significativement différents de ceux rapportés dans le lot témoin positif (tableau 8).

L'estimation du taux d'efficacité larvicide des extraits végétaux vis-à-vis des larves de *Parlatoria blanchardi* met en exergue le potentiel insecticide de ces extraits.

Tableau 8. Mortalité cumulée des larves témoins et traitées par les extraits de trois plantes testées selon le test du Tukey. T0 eau distillée, T+: Dursban® (Chlorpyriphos à 0.4mg/ml),

Lots des traitements	Concentration (mg/ml)	Mortalité cumulée (%)	Taux d'efficacité (%)
T0	0	15,76±2,80 a	-
T+	0,4	91,91±10,34 bcd	82,66±2,17
<i>P. harmala</i>	8,8	80,36±11,03 bc	80,10±2,69
	17,5	89,81±11,00 bcd	82,21±2,40
	35	93,7±6,00 cd	83,12±1,07
	70	99,25±1,67 d	84,11±0,27
<i>R. communis</i>	8,8	75,63±7,85 b	78,99±2,10
	17,5	91,55±4,66 bcd	82,75±0,89
	35	94,38±4,35 cd	83,27±0,76
	70	98,32±2,31 d	83,96±0,38
<i>C. colocynthis</i>	8,8	84,4±10,51 bcd	81,08±2,46
	17,5	87,88±8,61 bcd	81,93±1,74
	35	92,75±9,82 cd	82,83±2,05
	70	98,8±1,79 d	84,04±0,30

Les valeurs suivies par les mêmes lettres ne diffèrent pas significativement (P<0,05) entre eux selon le test Tukey.

Suite à la pulvérisation des extraits de trois plantes, les larves du 1^{er} stade où le bouclier existe, des altérations sont observées. Par contre au niveau des larves traitées par l'eau distillée aucune altération n'a été constatée.

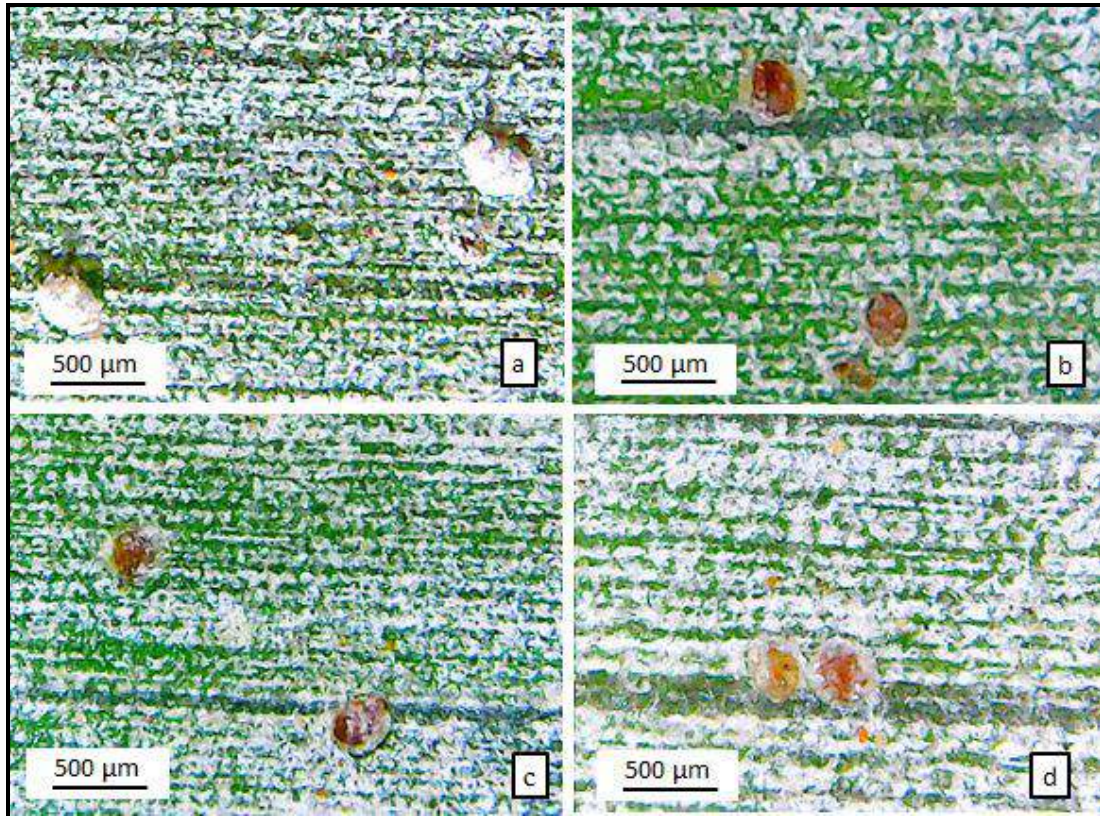


Figure 18. Altérations observées sur les boucliers des larves de *Parlatoria blanchardi* témoins et traitées. (a- témoin négatif (eau distillée). b- extrait de *C. colocynthis*, c- *R. comuunis*, d-*P. harmala* à la concentration de 8,8 mg/ml) (Babaousmail, 2019)

4. Discussion

4.1. L'activité répulsive des extraits

Il a été démontré que le comportement des cochenilles *Phenacoccus manihoti* est affecté par la variété de sa plante hôte, le manioc *Manihot esculenta*, de telle façon qu'elle prend peu de temps pour exploiter la surface de la feuille et se fixer rapidement sur la variété préférée. Elle prend plus de temps chez une variété moins préférée et tente d'échapper dans le cas des plantes non hôtes (Renard *et al.*, 1998). Ce comportement pourrait être exploité dans des stratégies de lutte contre les cochenilles. Pour comparer nos résultats, nous n'avons pas trouvé dans la littérature des études similaires qui ont évalué la répulsion des produits botaniques ou chimiques des cochenilles.

Un résultat remarquable a émergé de nos données est que le nombre le plus élevé des larves mobiles de (*Parlatoria blanchardi*) a été enregistré chez les folioles

traitées par l'eau distillée comme témoin (14 jours après le traitement), P était significatif dans la plupart des concentrations d'extraits de plantes par rapport au témoin.

Plusieurs études ont rapporté les activités répulsives de ces plantes testées. Le ricin *Ricinus communis* a été utilisé comme barrière dans les champs des cultures ou autour des maisons pour repousser les insectes (Pacheco-Sánchez *et al.*, 2012). Les extraits de ses graines montrent une activité répulsive envers les larves et les adultes de *Tribolium castaneum* (Babarinde *et al.*, 2011). L'extrait de feuilles de *Citrillus colocynthis* a un effet répulsif important sur les moustiques vecteurs de la filarial *Culex quinquefasciatus* (Mullai et Jebanesan, 2007). *Peganum harmala* repousse également la mouche des fruits de pêche (*Bactocera zonata*) (Rehman *et al.*, 2009).

Les métabolites secondaires des plantes sont particulièrement importants et peuvent protéger les plantes contre une grande variété d'arthropodes et de vertébrés (Wink, 1988).

Plusieurs études ont été publiées décrivant la composition phytochimique de ces plantes. Li, 1996; Shao *et al.*, (2013) ont rapporté que *P. harmala* est une source très riche en alcaloïdes de b-carboline tels que harmol, harmine et harmaline. Dastagir et Hussain, (2013) ont révélé la présence de groupes hydroxylés, carboxyliques et phénoliques dans *P. harmala* et *R. communis*. L'extrait de *C. colocynthis* contient du spinasterol 9.1 Isovitexin 8.1 Quercetine 7.9 Corilagin 6.2 Gallocatechine 4.1 Acide 3-O-Caffeoyl quinic 4.4 Colocynthoside B 4.1 (Shawkey *et al.*, 2014). Et des curcurbitacines totaux (E, B et I) (Ali *et al.*, 2013).

Les principaux composants de l'extrait d'hexane des feuilles de *R. communis* est l'acide linoléique (47,76%), l'acide linoléique (15,28%), l'acide palmitique (13,01%) et l'acide stéarique (1,73%) (Ramos-López *et al.*, 2012).

Les résultats suggèrent que le traitement des folioles de palmier dattier *Phoenix dactylifera* par les extraits hydro méthanoliques des plantes testés affecte les odeurs émis par les folioles, ce qui réduit l'attractivité des larves mobiles des cochenilles blanches *P. blanchardi*. Il a été démontré par Calatayud et Rü (2006) que la cochenille *Phenacoccus manihoti* est capable de percevoir les odeurs présentes dans la couche d'air mince au-dessus de la surface de la feuille. Cela affecte ainsi son comportement de fixation sur les feuilles (Renard *et al.*, 1998).

Le nombre des larves mobiles de la cochenille blanche a considérablement augmenté à partir du jour 11 au niveau des concentrations 35 et 70 mg/ml dans le cas de *P.*

harmala (figure 16) aussi, chez 17,5 et 35 mg/ml dans le cas de *C. colocynthis* (figure 17). Cette observation pourrait s'expliquer par l'instabilité des composés induits à repousser les larves mobiles de la cochenille blanche. La stabilité des composés dérivés des plantes est affectée lorsqu'ils sont exposés à des éléments tels que l'air, la lumière et les températures élevées (Turek et Stintzing, 2013).

4.2. Effet sur la mortalité des larves

Il est admis communément que pour juger la toxicité d'une substance, l'estimation du taux de mortalité est indispensable. La pulvérisation directe des extraits aqueux de trois plantes récoltées au Sahara algérien engendre des taux de mortalité élevés. Cette mortalité émane des effets nocifs de ces préparations sur les larves L1 de *P. blanchardi*. Les extraits testés montrent une efficacité larvicide particulière vis-à-vis des larves de la cochenille blanche. Celle-ci pourrait être comparée avec celle obtenue par le traitement à l'aide de l'insecticide «Chlorpyriphos ». Ce dernier est un insecticide chimique ayant montré auparavant sa forte efficacité sur les cochenilles dont le pou de la Californie *Aonidiella aurantii* Mask. (*Homoptera-Diaspididae*) (Walker *et al.*, 1991). Le test *Post hoc* de Tukey montre que la toxicité de toutes les concentrations des trois extraits testés dont *P. harmala*, *R. communis* et *C. colocynthis*, ne diffère pas significativement de celle de Chlorpyriphos à 0,4 mg/ml $p>0.05$ (tableau 8). Cela témoigne l'efficacité exceptionnelle de ces extraits. Les résultats obtenus montrent que l'application des extraits à des fortes concentrations soit (35mg/ml et 70mg/ml) provoque des pourcentages de mortalité plus élevé comparativement à celles qui résultent du traitement par le Chlorpyriphos 91,90% (tableau 8).

Même à la concentration la plus faible (8,8mg/ml), l'effet larvicide demeure notable, il est de 75,64% chez l'extrait de *R. communis*, 80,36% chez *P. harmala* et 84,40% chez *C. colocynthis* (tableau 8). L'efficacité de toutes les concentrations testées pour les trois extraits est confirmée par le test du Tukey à 0,05. En effet, toutes les concentrations des extraits ont un effet larvicide très hautement significativement différent par rapport au témoin négatif (eau distillée) $P<0.001$ (tableau 8). La valeur de mortalité des larves n'a pas dépassée 16% chez les folioles traitées avec l'eau distillée (tableau 8).

L'activité larvicide des plantes utilisées dans cette expérience, a été déjà démontrée par plusieurs études précédentes. Parmi six plantes testées, l'extrait de *R. communis* a montré l'activité larvicide la plus élevée (CL_{50} de 0,18 mg/mL) contre le

vecteur stade larvaire de malaria *Anopheles gambiae* (Wachira *et al.*, 2014). Les extraits méthanolique des feuilles de ricin *R. communis* ont provoqué une mortalité de 93% des larves de *Bactrocera zonata* (Saunders, 1841) (Diptera : Tephritidae) à la concentration 0,8 mg/L (Rampadarath et Puchooa, 2016). L'extrait des tiges de *C. colocynthis* a montré la toxicité maximale contre le puceron du merisier à grappes *Rhopalosiphum padi* L. (Hemiptera : Aphididae) (Asiry, 2015). Les extraits de l'acétate d'éthyle, de l'éther de pétrole et du méthanol de *C. colocynthis* ont montré respectivement les valeurs de CL₅₀: 47,58; 66,92 et 118,74 ppm contre les larves de *Culex quinquefasciatus* (Say, 1823) (Diptera: Culicidae) (Mullai et Jebanesan, 2007).

4.3. Concentrations létales CL₅₀

La comparaison des valeurs de CL₅₀ présentées dans le tableau 2, indique que l'extrait de *R. communis* a l'effet le plus toxique sur les larves de la cochenille blanche CL₅₀=2,16mg/ml suivi par celui de *P. harmala* CL₅₀ = 3,06 mg/ml et enfin, l'extrait de *C. colocynthis* CL₅₀=6,62 mg/ml (tableau 7).

Les résultats de Nilahyane *et al.*, (2012) montrent la même tendance où l'extrait des graines de *R. communis* a présenté une activité larvicide plus importante que celle de *P. harmala* contre la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). L'huile essentielle des parties aériennes de *P. harmala* possède une activité larvicide et acaricide la plus faible parmi 31 espèces de plantes testées (Attia *et al.*, 2012).

En revanche, Dastagir *et al.*, (2014) ont signalé que *R. communis* présentait un taux de mortalité plus faible que celle de *P. harmala* à la même dose contre le *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae). Aouinty *et al.*, (2006) ont également constaté que *R. communis* avait un effet larvicide le plus bas sur *Culex pipiens* L. (Diptera : Culicidae).

Le choix d'un bon insecticide d'origine végétal ne se base pas seulement sur les résultats recueillis au laboratoire mais sur plusieurs critères décrits par Dimetry *et al.*, (2014), telles que la facilité de séparation et de récolte de la partie voulue de la plante, son abondance suffisante dans la nature, et la possibilité d'avoir des utilisations supplémentaires (médicinale, cosmétique,...). Le ricin *R. communis* répond mieux à ces critères par rapport à *P. harmala* et à *C. colocynthis*. Le ricin peut donc être considéré, dans les limites de nos conditions expérimentales, comme le meilleur agent végétal larvicide contre la cochenille blanche *P. blanchardi*.

4.4. Symptômes observés sur le bouclier

Le but principal du bouclier qui couvre les cochenilles est de les protéger contre la dessiccation d'une manière similaire à celle de la cuticule (Hackman 1951). Dans l'essai biologique de la toxicité, il est clair que la structure du bouclier de *P. blanchardi* a été affectée par les extraits. Ce bouclier semble mince et translucide au niveau des folioles traitées par les extraits de *R. communis*, *C. colocynthis* et *P. harmala* par rapport au témoin négatif (figure 18). D'après (Hackman 1951 ; Tamaki 1966) le bouclier se compose en grande partie d'esters. Les esters se convertissent par des réactions d'hydrolyse, d'alcoololyse, d'ammonolyse et d'aminolyse.

Parmi les explications possibles à nos observations, certains composés phytochimiques d'extraits testés, auraient conduit à la conversion d'esters composants le bouclier. Le bouclier des larves mortes à cause de Chlorpyrifos n'a pas subi une dégradation. Il est suggéré donc que le mode d'action des extraits est différent de celui du Chlorpyrifos.

La sécrétion cireuse recouvrant le tégument des cochenilles diffère de celle des autres insectes. Sa présence à la surface est bien documentée, mais ses fonctions et la variété des pores et des conduits trouvés au sein d'une même espèce n'ont fait l'objet que de spéculations limitées (Waku et Manabe, 1981; Cox et Pearce, 1983; Foldi et Cassier, 1985; Bielenin et Weglarska, 1990; Foldi et Lambdin, 1995).

Une étude intéressante réalisée par Yanfeng et al. (2012) montre l'ultrastructure des pores responsable de la sécrétion du cire de la cochenille *Phenacoccus fraxinus* (Hemiptera : Coccoidea), l'étude est faite à l'aide d'une microscopie électronique à balayage (MEB) (figure 19). Dans la figure 19A, des pores triloculaires (tp), d'un diamètre d'environ 4,5 μm , ce type de pore a trois ouvertures en forme de 8 étroites de 2 μm de long et 1 μm de large disposées en spirale. Chaque ouverture sécrète un filament de cire de forme plate d'une largeur de 2 μm (figure 19). Ces filaments de cire liés à la surface du corps, formant le revêtement de cire. Un autre type des pores appelé quinqueloculaire est montré dans la figure 19B. Chaque pore quinqueloculaire a un diamètre de 6 μm , il est constitué de cinq locules chaque locule sécrète en outre un filament de cire (w) de 1 μm de diamètre.

Dans la même étude de Yanfeng et al. (2012), la figure 20 indique sous le microscope optique quelques glandes sécrétrices de la cire.

A partir de ces observations, une autre hypothèse émerge pour expliquer l'altération de bouclier de la cochenille blanche dans notre expérience. Il est suggéré que les extraits ont un mode action inhibiteur sur les glandes qui sécrètent la substance cireuse constituante du bouclier.

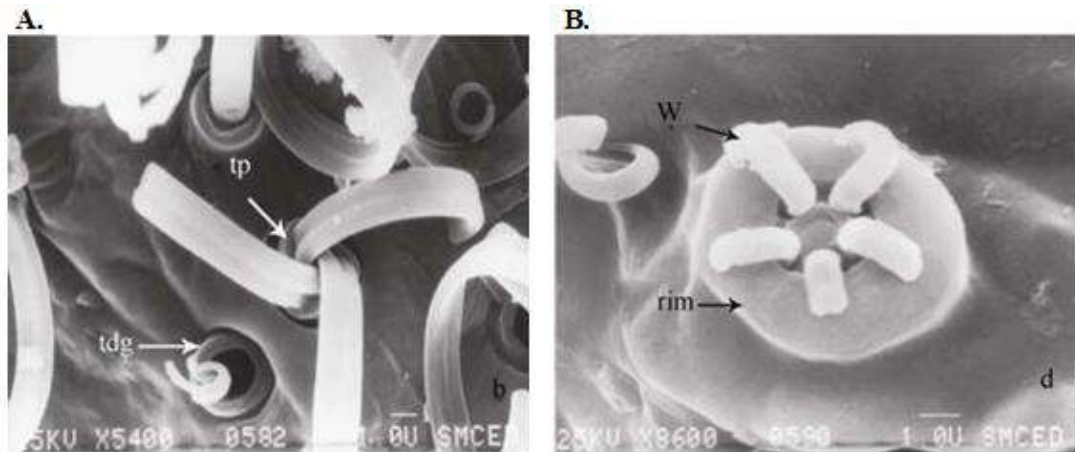


Figure 19. A.) Photographie au MEB montrant un pore triloculaire (tp) et une glande de conduit tubulaire (tdg); grossissement 5 400 ×, barre = 1 µm; B.) Photographie au MEB d'un pore quinqueloculaire avec un bord et cinq locules rondes disposées en forme de pentagone, chaque locule sécrétant un filament de cire (w); grossissement 8 600 ×, barre = 1 µm. Source : (Yanfeng *et al.*, 2012)

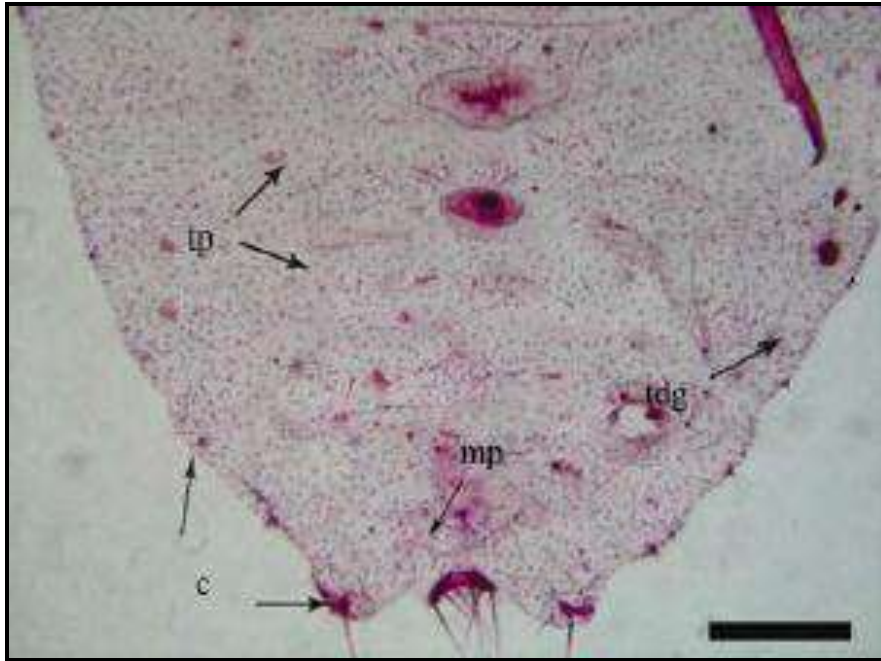


Figure 20. Observation microscopique de la femelle adulte de *Phenacoccus fraxinus* (Hemiptera: Coccoidea) montre les différents pores sécréteurs de cire. Grossissement 150×, barre =200 µm. Source : (Yanfeng *et al.*, 2012)

5. Conclusion

Les plantes *P. harmala*, *C. colocynthis* et *R. communis*, qui poussent au Sahara algérien, ont présenté un effet larvicide contre *P. blanchardi*. Cet effet n'a pas été significativement différent de celui de l'insecticide conventionnel Dursban® Chlorpyrifos. En plus, on a remarqué l'apparition de symptômes de dégradation du bouclier.

L'essai biologique répulsif a montré que la plupart des concentrations d'extraits végétaux repoussaient les larves mobiles des cochenilles blanches par rapport au témoin négatif. Certaines concentrations de *C. colocynthis* et *P. harmala* ont perdu leur efficacité après 11 jours de traitement. Dans les deux essais biologiques, le ricin *R. communis* semble être le plus efficace.

Ces essais biologiques de laboratoire pourraient contribuer dans le développement des nouvelles stratégies de lutte contre la cochenille blanche *P. blanchardi*. D'autres études sur de fractionnement guidé par des essais biologiques sont nécessaires pour identifier les molécules actives et pour déterminer des concentrations plus faibles, de sorte que l'application sur le terrain devient rentable.

Chapitre 5. Effet ovicide et anti oviposition des extraits aqueux sur la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*.

1. Introduction

La lutte chimique avec des insecticides synthétiques est la principale méthode utilisée pour lutter contre *T. absoluta* (Guedes et Picanc, 2012). Malheureusement, le développement rapide de la résistance de *T. absoluta* aux insecticides chimiques limite l'efficacité de cette méthode. Il a été démontré que ce ravageur peut développer une résistance aux insecticides classiques et modernes (Guedes et Picanc, 2012; Lietti *et al.*, 2005; Roditakis *et al.*, 2015; Siqueira *et al.*, 2000). Le Comité d'action sur la résistance aux insecticides (IRAC 2018) avait déjà signalé la résistance aux avermectines-milbémycines, aux pyréthriinoïdes-pyréthrines, aux analogues de la néréïstoxine, aux benzoylurées, aux diamides, à l'indoxacarbe, aux diamides et aux spinosynes. De plus, les tentatives de lutter contre *T. absoluta* par l'utilisation des phéromones sexuelles vont probablement aboutir à l'échec en raison de la capacité des femelles à se reproduire par parthénogenèse (Caparros Megido *et al.*, 2012).

D'autre part, certaines préparations végétales ont montré une efficacité remarquable contre *T. absoluta* en présentant un effet toxique sur les différents stades (larve et adulte) (Alam *et al.*, 2017; Chegini et Abbasipour, 2017; Moreno *et al.*, 2012) car elles pourraient réduire ou empêcher les dégâts de *T. absoluta* en agissant sur leur comportement (Yarou *et al.*, 2017).

Les insectes sont moins capables de développer une résistance aux insecticides botaniques en raison de la composition chimique complexe des extraits et des huiles essentielles (Dayan *et al.*, 2009; Gnankiné et Bassolé, 2017) et cause des effets synergiques entre les composants (Wittstock et Gershenzon, 2002). Cinquante-quatre composants ont été identifiés dans l'huile essentielle de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast., 1892 (Cupressaceae) qui causent la mortalité de 100% de la larve de premier stade du *T. absoluta* à la concentration de 0,2 µl / ml (Alam *et al.*, 2017). En effet, les insecticides botaniques avec leurs composés phytochimiques sont une source prometteuse pour lutter contre les ravageurs avec des propriétés plus respectueuses à l'environnement par rapport aux insecticides conventionnels (Murray B. Isman, 2015).

Dans le présent chapitre, nous visons à évaluer l'effet ovicide et antioviposition de *Ricinus communis* L., 1753 (Euphorbiaceae), *Citrillus colocynthis*

(L.) Schrad., 1838 (Cucurbitaceae) et *Peganum harmala* L., 1753 (Zygophyllaceae) contre la mineuse de la tomate *T. absoluta* dans le but d'explorer des alternatives aux insecticides conventionnels.

2. Matériel et méthodes

Les bio-essais sur *Tuta absoluta* ont été menés au laboratoire d'entomologie fonctionnelle et évolutive à Gembloux Agro-bio Tech, Université de Liège en Belgique.

2.1. Les plants de la tomate

Des plants de tomate (*Lycopersicon esculentum* cv. Moneymaker) ont été cultivés en serre (25 ± 5 ° C) dans des pots en plastique (20 cm de diamètre 9,20 cm de hauteur) remplis de terreau (Peltracom, VP113BIO, Belgique) et cultivés sous un photopériodisme 16 :8 H Jour : Nuit. Ils ont été arrosés tous les 2 jours. Les plantes ont été utilisées dans les expériences lorsqu'elles atteignaient 5 semaines après le semis (c'est-à-dire à une hauteur d'environ 25 cm).



Photo 8. Plants de la tomate (5 semaines après le semis) (Babaousmail, 2019)

2.2. L'élevage du *Tuta absoluta*

Les larves (troisième stade) de *T. absoluta* ont été récoltées pour la première fois en juillet 2011 dans une plantation commerciale de tomates (SAS Rougeline, Saint-Andiol, France, 43° 49' 53,1" N 4° 58' 20,1" E). La colonie de *T. absoluta* a par la suite été maintenue sur des plants de tomates dans un filet de 45 × 45 × 45 cm, (BugDorm, MegaView Science, Taichung, Taiwan) dans un laboratoire de quarantaine de 24°C de température, un photopériodisme de 12 :12 H Jour : Nuit et un taux d'humidité relative de 70%.



Photo 9. Cage d'élevage de *Tuta absoluta* (Babaousmail, 2019)

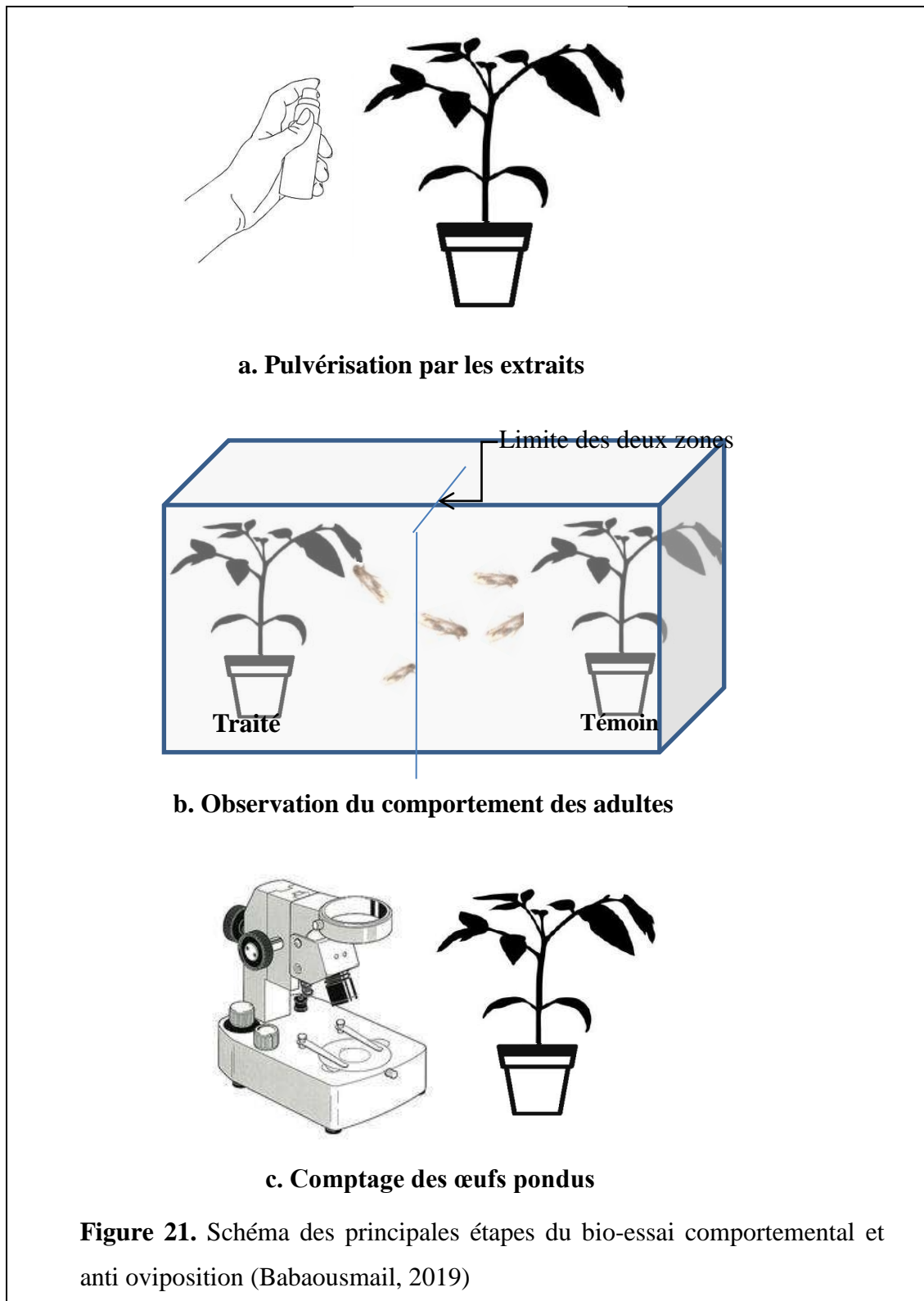
2.3. Bio-essai comportemental

Vingt adultes non sexués d'insectes *T. absoluta* prélevés depuis la cage d'élevage ont été placés dans une cage de 90X45X45 cm. Deux plants de tomates âgés de 12 jours (Témoin Vs Traité) ont été placés sur les côtés opposés des deux zones de la cage ; le milieu de la cage était défini comme la limite des deux zones. Les traitements consistaient à pulvériser les extraits des plantes à tester sur les plants

de tomates à la concentration de 5% plutôt que de les placer dans des cages comme suit: Témoin Vs *P. harmala*, Témoin Vs *R. communis* et Témoin Vs *C. colocynthis*, chacune de ces combinaisons étant répétée deux fois.

Le nombre d'adultes dans chaque zone a été enregistré toutes les 30 minutes pendant quatre heures de lumière. Pour s'assurer que la répartition des adultes est liée ou non au plant de tomate, chaque plante a été déplacée dans l'autre zone après deux heures de début d'observation.

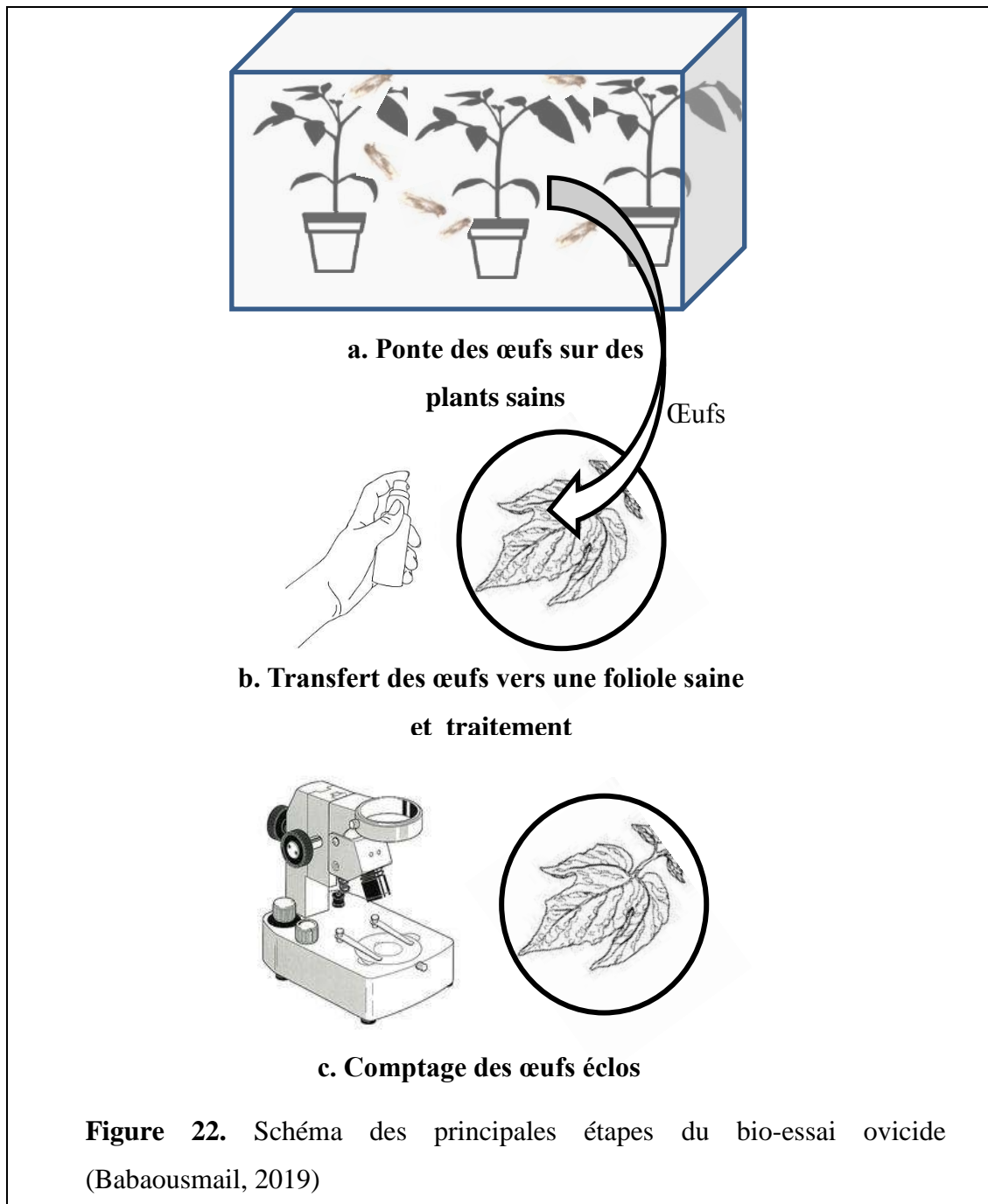
Pour l'évaluation de l'activité anti oviposition des extraits, après 24 heures de mise en place des plants dans la cage, le nombre des œufs pondus sur les plants de tomates traités et témoins a été enregistré à l'aide d'une loupe binoculaire (figure 21).



2.4. Evaluation de l'effet ovicide

Pour obtenir des œufs, deux plants de tomates ont été placés dans une cage de 90 X 45 X 45 cm contenant vingt-cinq adultes de *T. absoluta* non sexués, prélevés dans la cage d'élevage. Au bout de 24 heures, les œufs pondus ont été transportés à

l'aide d'un pinceau souple dans des folioles de tomates fraîches pour atteindre le nombre de trois œufs par foliole. Chaque foliole a été placée dans une boîte de Pétri sur un papier filtre humidifié. Ensuite, les œufs ont été traités à l'aide d'un pulvérisateur à main par les extraits bruts aux concentrations de 0,5 ; 2 ; 5 et 8% m/v et par l'eau distillée comme témoin. Douze œufs ont été utilisés pour chaque concentration. Les boîtes de Pétri ont été laissés couvertes pendant six jours après le traitement, puis le nombre d'œufs non éclos dans chaque foliole était compté comme mort.



2.5. Analyses statistique

Les résultats obtenus à partir de l'essai biologique anti-oviposition ont été analysés à l'aide de test de Student afin de détecter des différences significatives au niveau de 0,05%.

Pour les résultats du bio-essai ovicide, les données sur la mortalité par concentration ont été soumises à une analyse log-concentration et probit (LDP) selon (Finney, 1964).

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant Microsoft XLSTAT version 2009 pour Windows.

3. Résultats

3.1. Comportement des adultes de *T. absoluta* vis-à-vis aux plantes traitées par les extraits

Le comportement de 20 insectes de *T. absoluta* a été observé toutes les 30 minutes pendant quatre heures dans une cage contenant deux plants de tomates placés sur les côtés opposés. Les résultats de cette expérience sont présentés avec les graphiques à barres des figures 23, 24 et 25.

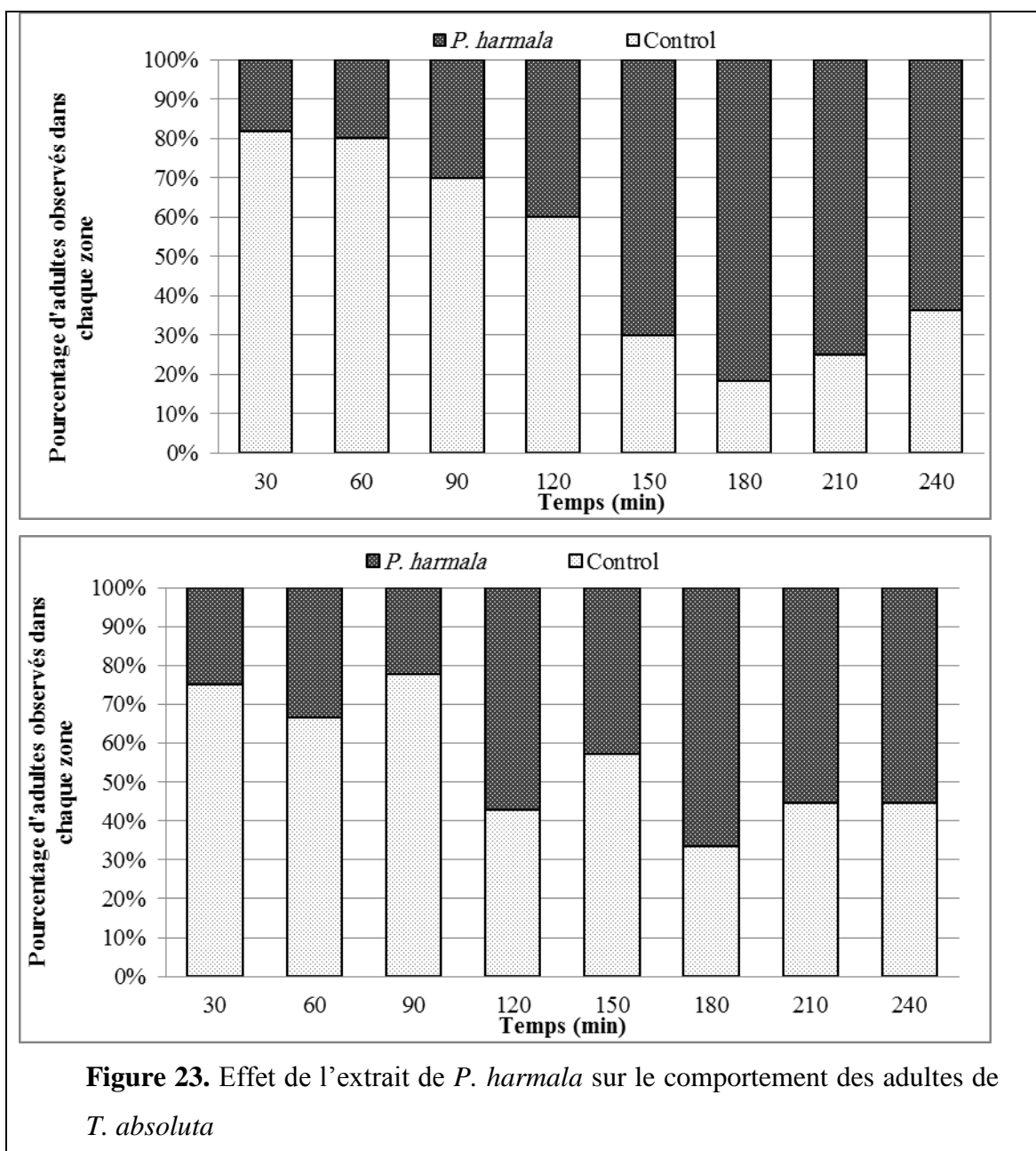


Figure 23. Effet de l'extrait de *P. harmala* sur le comportement des adultes de *T. absoluta*

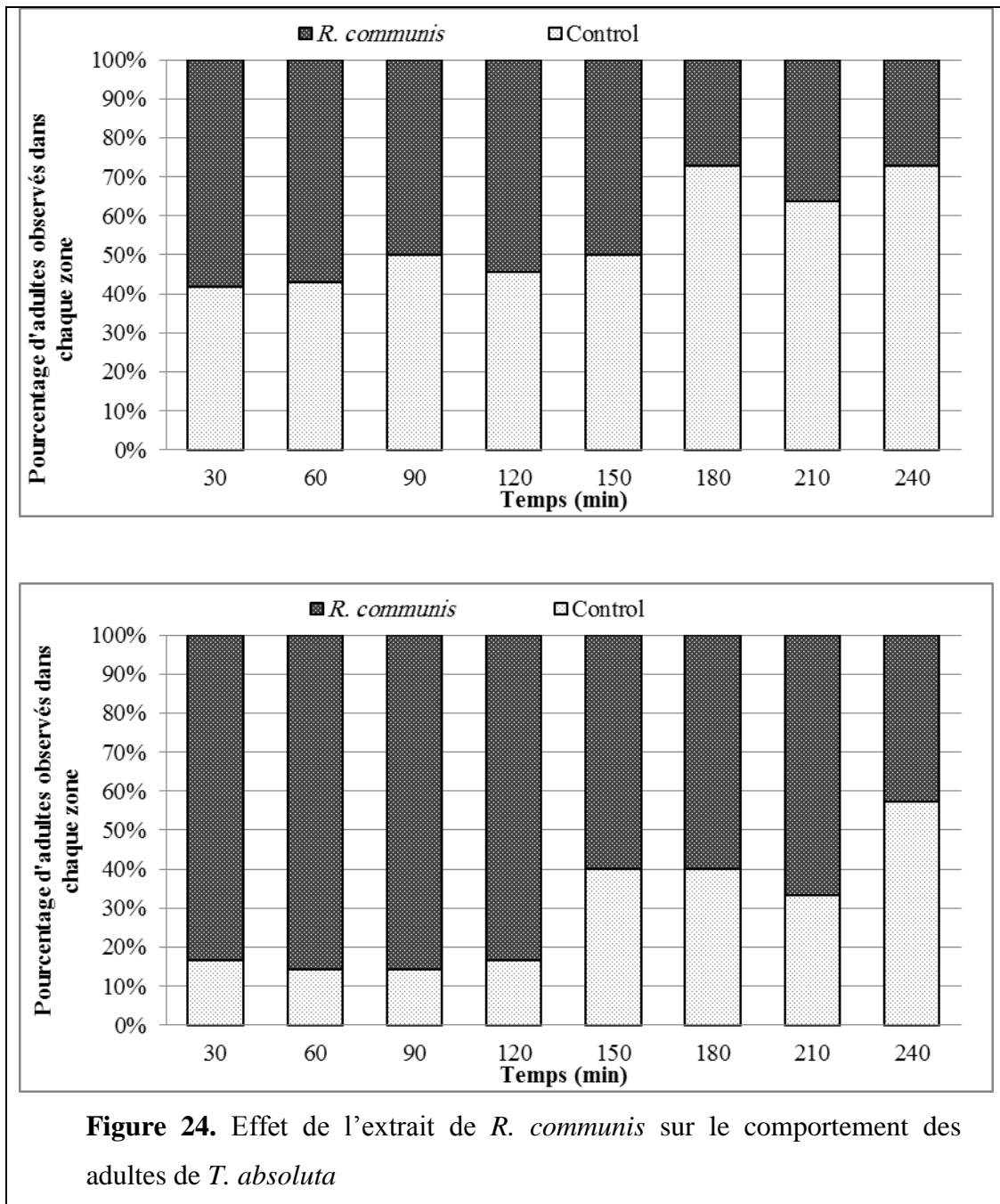
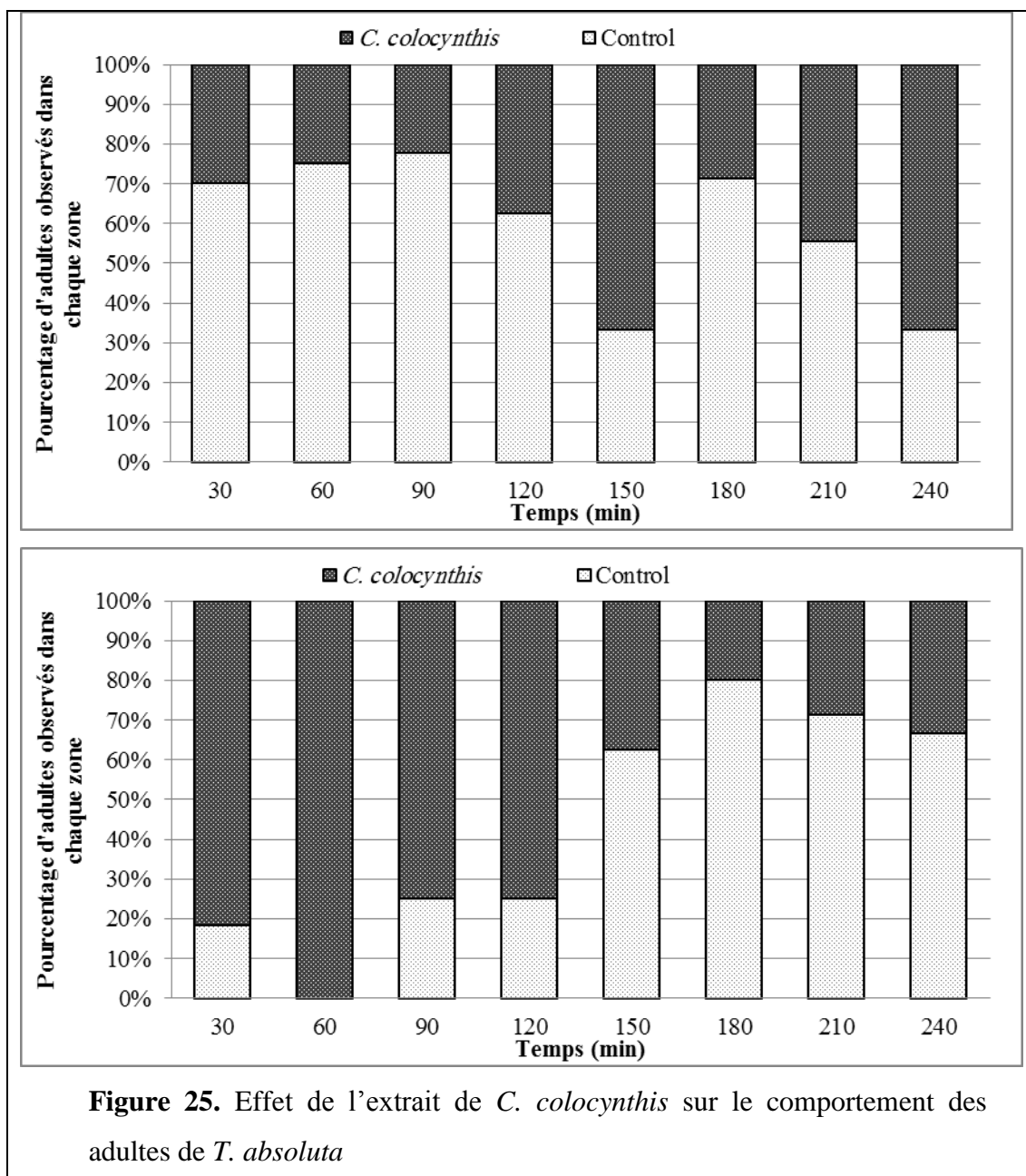


Figure 24. Effet de l'extrait de *R. communis* sur le comportement des adultes de *T. absoluta*



L'effet répulsif des trois extraits testés à savoir le ricin, Harmel et la coloquinte est très aléatoires. Concernant l'effet de l'extrait *P. harmala* sur le comportement des adultes de *T. absoluta*, il est apparu au départ (jusqu'à 90 minute) un semblant d'effet répulsif dépassant les 70% en moyenne. Ensuite à la minute 120, c'est à dire lors du changement du côté l'effet inverse s'est imposé. Autrement dit, le semblant de répulsion observé au départ n'est pas définitive puisque lors de changement de la position du pot l'effet inverse est apparu nous pouvons conclure que l'extrait de plante *P. harmala* n'a aucun effet sur le ravageur *T. absoluta*.

3.2. L'effet anti ovopositif des extraits

Pour évaluer le pouvoir des extraits à empêcher les adultes femelles de *T. absoluta* de pondre leurs œufs sur les plantes de tomates, une comparaison entre le nombre des œufs pondus (Témoin Vs Traité) dans chaque cage a été réalisée. Les résultats de la comparaison sont présentés dans le tableau 9.

Tableau 9. Test de l'effet des extraits testés sur la ponte des œufs des adultes femelles de *Tuta absoluta*.

Traitement	Observations	Min	Max	Moyenne	Écart type	Valeur de P
Témoin	2	1,000	20,000	10,500	13,435	0,939
<i>P. harmala</i>	2	3,000	16,000	9,500	9,192	
Témoin	2	34,000	35,000	34,500	0,707	0,482
<i>R. communis</i>	2	2,000	37,000	19,500	24,749	
Témoin	2	4,000	38,000	21,000	24,042	0,563
<i>C. colocynthis</i>	2	2,000	15,000	8,500	9,192	

Il n'y a pas de différence statistiquement significative $P > 0,05$ entre le nombre d'œufs pondus sur les plants de tomates témoins et traités par les extraits (tableau 9). Ainsi, la pulvérisation des plants de tomates par les extraits testés n'affecte pas le comportement de ponte des femelles adultes de *T. absoluta*.

3.3. L'effet ovicide des extraits

Le tableau 10 montre le pourcentage des œufs non éclos enregistrés six jours après le traitement.

Tableau 10. Pourcentage des œufs non éclos de *T. absoluta* après 6 jours de traitement.

	Concentration m/v				
	0	0,5	2	5	8
<i>C. colocynthis</i>	0,00%	41,67%	8,33%	33,33%	25,00%
<i>R. communis</i>	0,00%	41,67%	83,33%	91,67%	58,33%
<i>P. harmala</i>	0,00%	91,67%	83,33%	91,67%	83,33%

Tous les œufs témoin sont éclos, alors que les œufs traités avec les extraits testés présentent des pourcentages d'éclosion selon les concentrations.

Dans le cas des œufs traités par l'extrait de *C. colocynthis*, le pourcentage d'éclosion n'a pas dépassé 42%, tandis que pour le traitement avec *R. communis*, le

pourcentage des œufs non éclos était supérieur à 92% à la concentration de 5% (m/v). % à la concentration la plus élevée 8% (m/v) (Tableau 10).

L'effet ovicide de l'extrait de *P. harmala* est très élevé avec un pourcentage d'œufs non éclos dépassant 83% à toutes les concentrations testées.

Les figures 26,27 et 28 montrent la relation entre chaque extrait testé et son effet ovicide par transformation Log10-Probit. Il indique qu'il n'y a pas de corrélation entre la concentration des trois extraits et la réponse de l'éclosion des œufs. La valeur du test du Chi deux n'était pas significative pour les trois extraits.

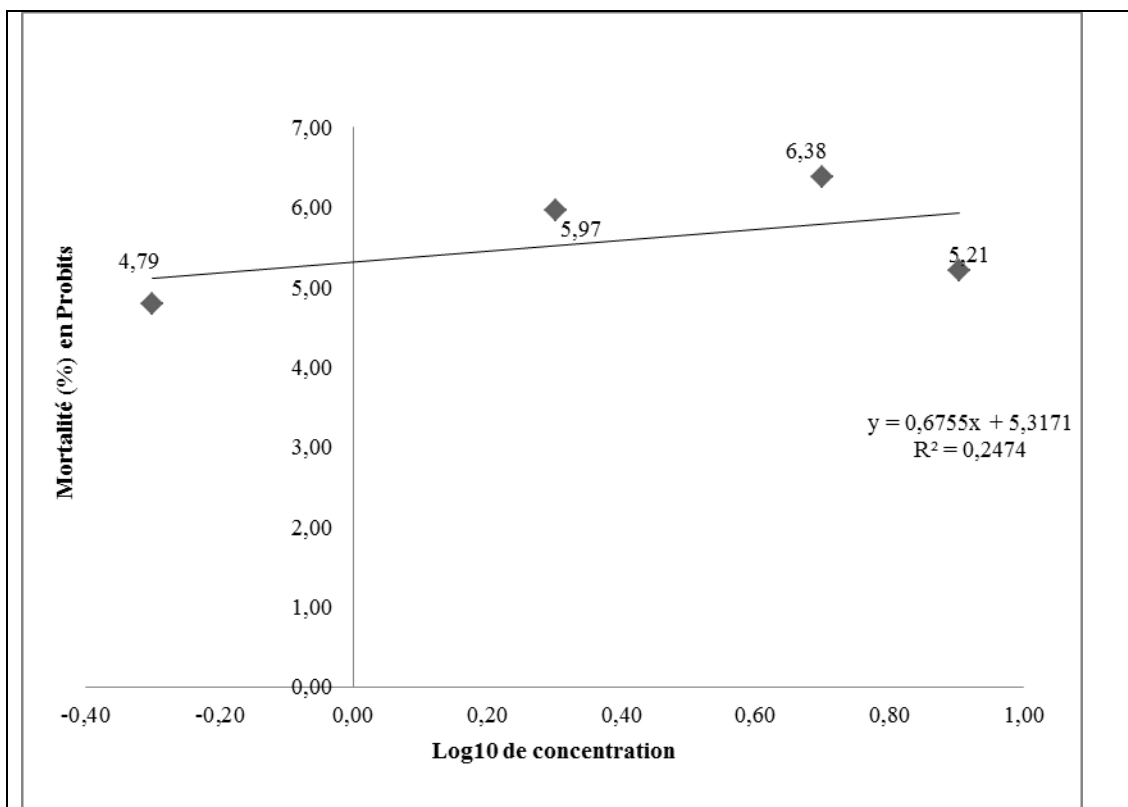


Figure 26. Effet de l'extrait de *R. communis* sur la mortalité des œufs de *Tuta absoluta* représentée par les lignes LDP Log10-concentration / Probit-mortalité.

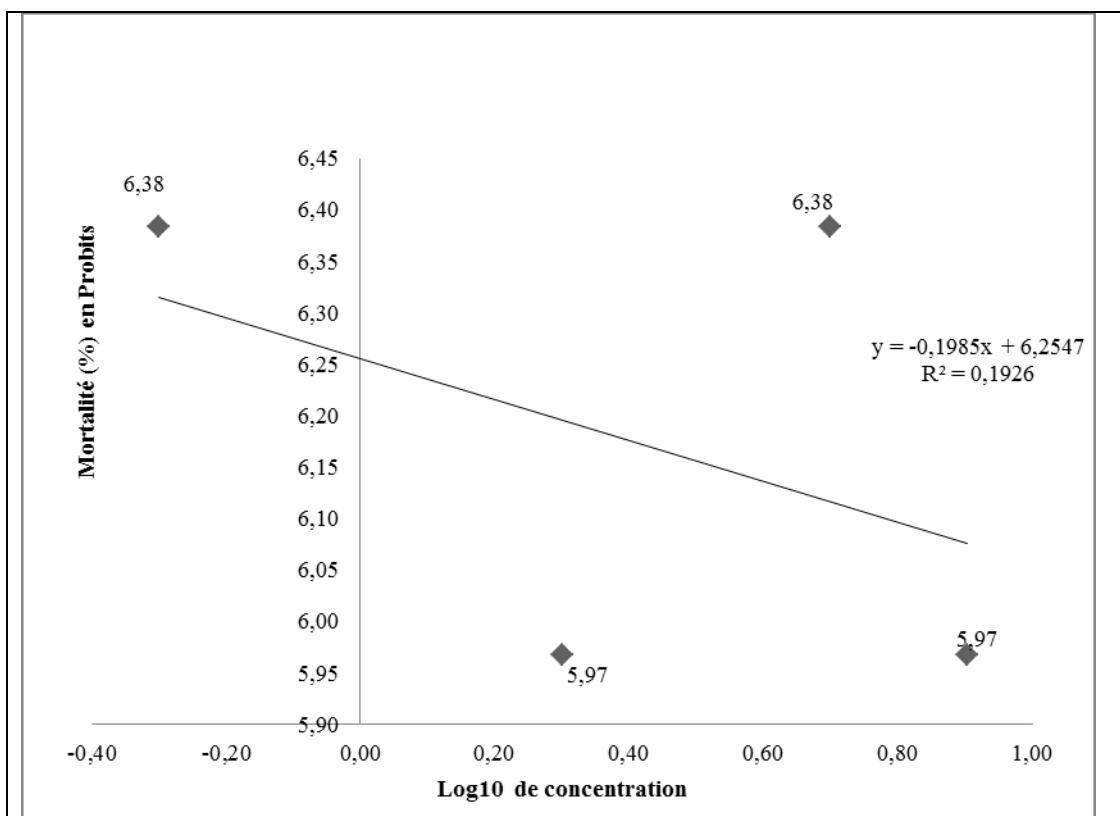


Figure 27. Effet de l'extrait de *P. harmala* sur la mortalité des œufs de *Tuta absoluta* représentée par les lignées LDP Log10-concentration / Probit-mortalité.

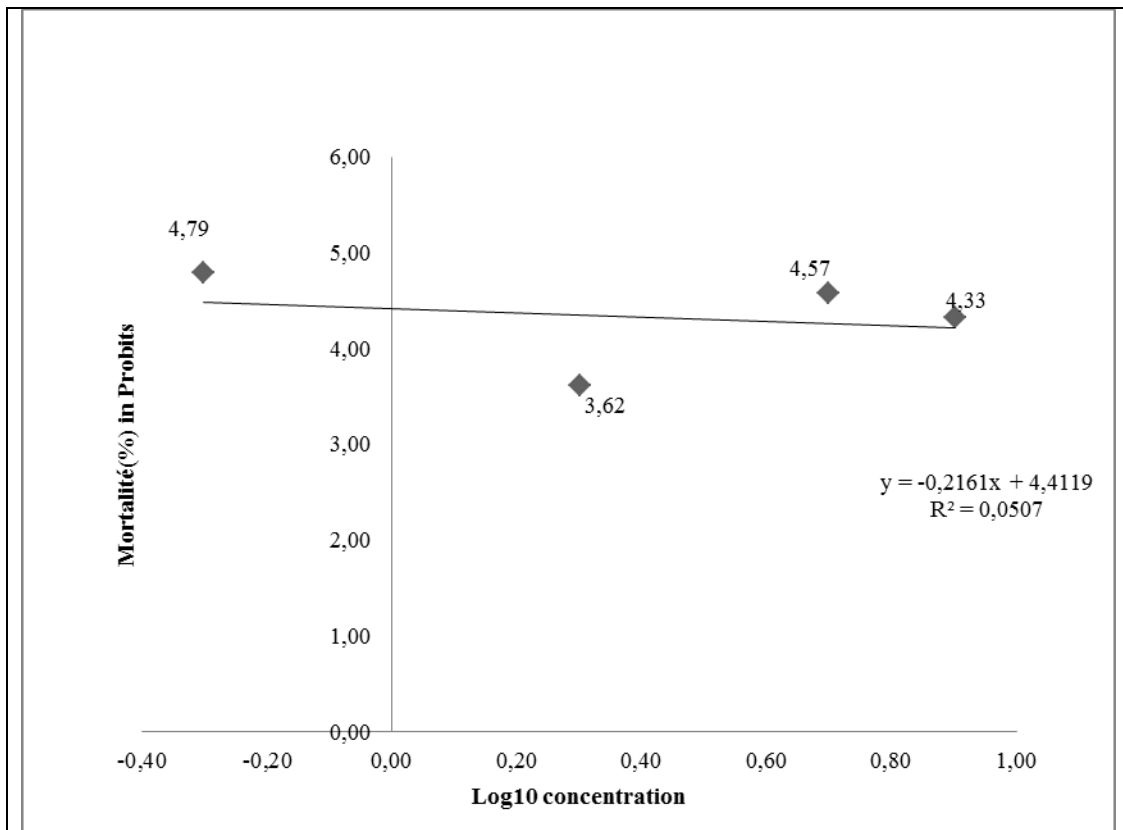


Figure 28. Effet de l'extrait de *C. colocynthis* sur la mortalité des œufs de *Tuta absoluta* représentée par les lignes LDP Log10-concentration / Probit-mortalité.

4. Discussion

La résistance de *Tuta absoluta* (Meyrick) aux insecticides est devenue un problème majeur dans de nombreuses zones productrices de la tomate dans le monde. Il est suggéré que les mélanges des composés chimiques contenus dans les extraits végétaux pourraient être particulièrement efficaces contre le développement de ce genre de résistance (Tabashnik, 1989).

4.1. L'effet des extraits sur le comportement des adultes de *T. absoluta*

Les insectes peuvent éviter de se nourrir de plantes toxiques dès qu'ils sont capables de les détecter visuellement, olfactivement ou par contact (Chapman, 2003). Dans le même contexte Yarou *et al.*, (2017) ont constaté que les plantes de basilic affectent le comportement des adultes de *T. absoluta* en les repoussant.

Par contre, nos observations du comportement des adultes de *T. absoluta* vis-à-vis des plantes traitées ont montré que la pulvérisation des plants de tomates avec les extraits végétaux testés ne repousse pas les adultes de *T. absoluta*.

Ces résultats ne sont pas en conformité avec ceux indiqués dans la bibliographie où de nombreuses études ont rapporté l'effet répulsif de *P. harmala*, *R. communis* et *C. colocynthis* contre certains insectes nuisibles. Parmi trois extraits végétaux testés contre *Bactrocera zonata* Saunders (Diptera : Tephritidae), L'extrait acétonique de *P. harmala* a démontré l'effet répulsif le plus important (Rehman *et al.*, 2009).

Bien qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative dans la préférence de ponte des œufs entre les plants de tomates traités et témoins, on remarque que la moyenne de nombre d'œufs pondus sur les plantes traitées est inférieur au nombre d'œufs enregistrés dans le groupe témoin (Tableau 9).

Tomé *et al.*, (2013) ont remarqué un effet similaire causé par l'azadirachtine, la femelle adulte de la mineuse de la tomate évite la ponte de ses œufs sur les plants de tomate traités par l'azadirachtine. Selon les auteurs de cette étude, ce comportement pourrait être dû à l'effet masquant de l'azadirachtine exercé sur les métabolites secondaires de la feuille de tomate qui attirent les adultes de *T. absoluta*.

L'odeur émit par les feuilles de tomate a élicité la femelles adultes de *T. absoluta* de pondre leurs œufs, ce qui démontre le rôle important des substances volatiles sur le comportement de *T. absoluta* dans le choix du site de ponte des œufs (Proffit *et al.*, 2011). Les extraits testés sont très riches en métabolites secondaires, comme le montre le tableau 5. Ces métabolites secondaires ; en particulier les alcaloïdes ; sont probablement responsables du nombre réduit d'œufs de *T. absoluta* pondus sur les plantes traitées.

4.2. Evaluation de l'effet ovicide

Les résultats de bio-essai de l'évaluation de l'effet ovicide des extraits ont révélé qu'il n'y avait pas de corrélation entre les concentrations des extraits testés et l'éclosion des œufs (figures 26, 27 et 28).

Le pourcentage d'œufs non éclos a diminué dans certaines concentrations plus élevées du même extrait. Cela peut être dû à la distribution hétérogène des composés phytochimiques dans chaque pulvérisation, de sorte qu'ils ne présentent pas le même effet toxique sur les œufs traités par le même extrait. Ce problème est largement indiqué dans les essais biologiques dose-réponse (Simon, 2008). Mais cela pourrait être évité en ajustant les formulations en ajoutant des adjuvants et / ou en utilisant des nanoformulations (Frei *et al.*, 2018).

D'autre part, un effet ovicide intéressant a été observé avec l'extrait de *P. harmala*, où plus de 83% des œufs n'ont pas éclos chez toutes les concentrations testées (tableau 03). De même, l'extrait de graines de *P. harmala* à la concentration 30 mg/ml a réduit de manière significative le pourcentage d'éclosion des œufs de la teigne des choux *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae), par rapport au témoin (Abbasipour *et al.*, 2010).

De plus, l'effet toxique de *P. harmala* a été démontré sur les larves et les adultes de *T. absoluta* (Nilahyane *et al.*, 2012) et sur de nombreux autres insectes nuisibles (Rehman *et al.*, 2009 ; Jbilou et Sayah, 2007 ; Kemassi *et al.*, 2013). Cet effet toxique de *P. harmala* est dû à certains composés toxiques détectés dans les alcaloïdes de cette plante, en particulier Harmaline, Harmine et Harmalol (Shao *et al.*, 2013; Rharrabe *et al.*, 2007). Comme les alcaloïdes ont été détectés dans notre extrait de *P. harmala* (Tableau 5), ils pourraient être responsables de l'effet ovicide révélé par nos bio-essais.

5. Conclusion

L'observation du comportement de vol des adultes de *Tuta absoluta* autour des plantes de tomates traitées par nos extraits et les témoins, nous a permis de constater que les adultes ne font pas de différence entre une plante pulvérisée par l'un des extraits testés et une plante témoin. Ainsi, le traitement n'engendre aucun effet répulsif sur les adultes.

A partir des expériences menées, l'effet anti oviposition des extraits est aussi évalué. La pulvérisation des plants de tomates par les extraits testés n'affecte pas le comportement des femelles adultes de *T. absoluta* relatif à la ponte des œufs.

Le test ovicide nous a permis d'évaluer l'effet des extraits sur les œufs de *Tuta absoluta*. L'analyse Probit-mortalité a montré que il n'y avait pas de corrélation entre les concentrations d'extraits utilisés pour le traitement et le pourcentage des œufs nos éclos. Alors que, un effet ovicide très élevé a été remarqué notamment sur les lots traités par l'extrait de *P. harmala* où le taux des œufs non-éclos a dépassé les 83% chez tous les concentrations testées.

Conclusion générale

Mis à part de quelques résultats prometteurs montrés dans les essais biologiques de laboratoire, la commercialisation des insecticides botaniques dans le monde reste limitée en raison de plusieurs facteurs tels que leur faible efficacité sur terrain par rapport au laboratoire. Les difficultés de normalisation des extraits de plantes et leur dégradation rapide après application.

La recherche sur les insecticides botaniques dans les pays d'Afrique du Nord reste limitée par rapport à de nombreuses autres régions.

Le criblage phytochimiques des : Parties aériennes de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae), feuilles et tiges de *Citrullis colocynthis* et feuilles de *Ricinus communis* a révélé la richesse des trois plantes en Tanins, Alcaloïdes, Flavonoïdes et Saponines. Alors que les Terpénoides n'ont été pas détectés. Le criblage phytochimique indique aussi que *P. harmala* et *C. colocynthis* contiennent des anthraquinones mais dans les feuilles du ricin *R. communis* ces composés sont absents.

Le teneur de des parties utilisées de *P. harmala*, *R. communis* et *C. colocynthis* en huile essentielles est très faible, voire nulle.

Les plantes *P. harmala*, *C. colocynthis* et *R. communis*, qui poussent au Sahara algérien, ont présenté un effet larvicide contre *P. blanchardi*. Cet effet n'a pas été significativement différent de celui de l'insecticide conventionnel Dursban® Chlorpyrifos. En plus, on a remarqué l'apparition de symptômes de dégradation du bouclier.

L'essai biologique répulsif a montré que la plupart des concentrations d'extraits végétaux repoussent les larves mobiles des cochenilles blanches par rapport au témoin (l'eau distillée). Certaines concentrations de *C. colocynthis* et *P. harmala* ont perdu leur efficacité après 11 jours de traitement. Dans les deux essais biologiques, le ricin *R. communis* semble être le plus efficace.

Ces essais biologiques de laboratoire pourraient contribuer dans le développement des nouvelles stratégies de lutte contre la cochenille blanche *P. blanchardi*.

L'observation du comportement de vol des adultes de *Tuta absoluta* autour des plantes de tomates traitées par nos extraits et les témoins, nous a permis de constater

que les adultes ne font pas de différence entre une plante pulvérisée par l'un des extraits testés et une plante témoin. Ainsi, le traitement n'engendre aucun effet répulsif sur les adultes.

A partir des expériences menées sur le comportement de *T. absoluta*, l'effet anti oviposition des extraits est aussi évalué. La pulvérisation des plants de tomates par les extraits testés n'affecte pas le comportement des femelles adultes de *T. absoluta* relatif à la ponte des œufs.

Le test ovicide nous a permis d'évaluer l'effet des extraits sur les œufs de *Tuta absoluta*. L'analyse Probit-mortalité a montré que il n'y avait pas de corrélation entre les concentrations d'extraits utilisés pour le traitement et le pourcentage des œufs non éclos. Alors que, un effet ovicide très élevé a été remarqué notamment sur les lots traités par l'extrait de *P. harmala* où le taux des œufs non-éclos a dépassé les 83% chez tous les concentrations testées.

L'utilisation des extraits des plantes offre donc un bon alternatif pour lutter contre les deux ravageurs étudiés.

Recommandations et perspectives

La recherche sur les insecticides botaniques dans les pays d'Afrique du Nord reste limitée par rapport à de nombreuses autres régions. Nous recommandons donc d'intensifier la recherche dans ce domaine en mettant davantage l'accent sur :

- La flore libyenne.
- La diversification des insectes étudiés.
- Inclure la caractérisation chimique des extraits et des huiles testés.
- Inclure le témoin positif.

Nous recommandons également d'aller au-delà des essais biologiques de laboratoire vers des essais répétés sur le terrain qui permettent de prédire plus précisément l'efficacité des préparations végétales en lutte contre les ravageurs, ce qui donne l'élan à la commercialisation. Même en se basant sur des plantes qui ont déjà démontrées des bioactivités contre les insectes nuisibles, il devrait être possible de développer de nouveaux insecticides botaniques en Afrique du Nord qui peut contribuer à la lutte contre les ravageurs dans cette région et même de s'installer dans le marché international des biopesticides.

A la lumière des résultats obtenus par nos expériences sur les extraits étudiés, on recommande d'approfondir la recherche sur les thématiques suivantes :

- L'identification des composés chimiques des extraits étudiés par l'utilisation de la chromatographie liquide à haute performance (CLHP).
- Le fractionnement bioguidé des extraits, dans le but d'identifier les molécules actives et aussi pour déterminer des concentrations plus faibles, de sorte que l'application sur le terrain devient rentable.
- Mener des expériences sur terrain pour examiner l'effet larvicide de ricin sur la cochenille blanche, et l'effet ovicide de Harmel sur la mineuse de la tomate.
- Etude de comportement des larves mobiles de la cochenille blanche.
- L'étude de la structure de bouclier de la cochenille blanche par la microscopie électronique à balayage (MEB), ainsi que sa composition chimique.
- Faire des investigations plus poussées sur la toxicité des extraits envers l'homme et son environnement.

Références bibliographiques :

1. Abbasipour, H., Mahmoudvand, M., Rastegar, F., & Basij, M. (2010). Insecticidal activity of *Peganum harmala* seed extract against the diamondback moth, *Plutella xylostella*. *Bulletin of Insectology*, 63(2), 259–263.
2. Abdelouahhab, Z., & Arias-Jimenez, E. J. (1999). Date palm cultivation (No. 156). Food and Agriculture Organization (FAO).
3. Abou-elnaga, Z. S. (2015). Efficacy of extracts of some Egyptian plants against economically important stored grain pest. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(1), 87–91.
4. Acheuk, F., & Doumandji-Mitiche, B. (2013). Insecticidal activity of alkaloids extract of *Pergularia tomentosa* (Asclepiadaceae) against fifth instar larvae of *Locusta migratoria cinereascens* (Fabricius 1781) (Orthoptera: Acrididae). *International Journal of Science and Advanced Technology*, 3(6), 8–13.
5. ACTA, Association de Coordination Technique Agricole, 2004. Index phytosanitaire, 40ème édition, 804p.
6. Agarwal S, Rao AV: Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *CMAJ* 2000, 163:739-744.
7. Akhila, A., & Rani, K. (1999). Chemistry of the Neem Tree (*Azadirachta indica* A. Juss.) (pp. 47–149). Vienna.
8. Aktar, W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdis Toxicol*, 2(1), 1–12.
9. Alali, F. Q., Liu, X. X., & McLaughlin, J. L. (1999). Annonaceous acetogenins: Recent progress. *Journal of Natural Products*, 62(3), 504–540.
10. Alam, S. B., Amine, E., Djabou, N., Tabti, B., Benyelles, G., Costa, J., & Muselli, A. (2017). Essential oils as biocides for the control of fungal infections and devastating pest (*Tuta absoluta*) of Tomato (*Lycopersicon esculentum* MILL.). *Chemistry and biodiversity*, 12(2) 1–9.

11. Ali, A. A., Alian, A., & Elmahi, H. A. (2013). Phytochemical Analysis of Some Chemical Metabolites of Colocynth Plant (*Citrullus colocynthis* L) and its Activities as Antimicrobial and Antiplasmodial. *J. Basic. Appl. Sci. Res.*, 3(5), 228–236.
12. Alouani, A., Rehim, N., & Soltani, N. (2009). Larvicidal activity of a neem tree extract (Azadirachtin) against mosquito larvae in the Republic of Algeria. *Jordan Journal of Biological Sciences*. 2(1) 15-22.
13. Al-Snafi, A. E. (2016). Chemical constituents and pharmacological effects of *Citrullus colocynthis* - A review. *Asian Journal of Pharmaceutical Research*, 6(3), 57–67.
14. Al-Yahyai, R., & Manickavasagan, A. (2012). An overview of date palm production. Dates: production, processing, food, and medicinal values. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 3-12.
15. Anonyme, 2000 - Bulletin phytosanitaire concernant la lutte contre la cochenille blanche du palmier dattier. Avertissement agricole. Ed. SRPV Biskra.
16. Aouinty, B., Oufara, S., Mellouki, F., & Mahari, S. (2006). Évaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés: *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 10(2), 67–71.
17. Apostolico, I., Aliberti, L., Caputo, L., De Feo, V., Fratianni, F., Nazzaro, Souza L.F. & Khadhr, M. (2016). Chemical composition, antibacterial and phytotoxic activities of *Peganum harmala* seed essential oils from five different localities in Northern Africa. *Molecules*, 21(9) 2-13.
18. Asgarpanah, J., & Ramezanloo, F. (2012). Chemistry, pharmacology and medicinal properties of *Peganum harmala* L. *Afr. J. Pharm. Pharmacol.*, 6(22), 1573–1580.

19. Asiry, K. A. (2015). Aphidicidal activity of different aqueous extracts of bitter apple *Citrullus colocynthis* (L.) against the bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi* (L.) (Homoptera: Aphididae) under laboratory conditions. *J. Anim. Plant Sci.*, 25(2), 456–462.
20. Attia, S., Grissa, K. L., Ghrabi, Z. G., Mailleux, A. C., Lognay, G., & Hance, T. (2012). Acaricidal activity of 31 essential oils extracted from plants collected in Tunisia. *Journal of Essential Oil Research*, 24(3), 279–288.
21. Babarinde, S. A., Oyegoke, O. O., & Adekunle, A. E. (2011). Larvicidal and insecticidal properties of *Ricinus communis* seed extracts obtained by different methods against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *Archives Of Phytopathology And Plant Protection*, 44(5), 451–459.
22. Bachrouch, O., Mediouni-ben Jemâa, J., Chaieb, I., Marzouk, B., & Manef, A. (2010). Insecticidal activity of *Pistacia lentiscus* essential oil on *Tribolium castaneum* as alternative to chemical control in storage. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 5(1) 63-70.
23. Bachrouch, O., Mediouni-Ben Jemâa, J., Wissem, A. W., Talou, T., Marzouk, B., & Abderraba, M. (2010). Composition and insecticidal activity of essential oil from *Pistacia lentiscus* L. against *Ectomyelois ceratoniae* Zeller and *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research*, 46(4), 242–247.
24. Badalamenti F. In proceedings of the IFEAT international conference 2004—the essential oils of the Mediterranean region, green C (ed). International Federation of Essential Oil and Aroma Trades (FEAT), London, UK, 2004; 77–97.
25. Badaoui, M. I., Berkani, A., & Lotmani, B., (2011). Les entomopathogènes autochtones, nouvel espoir dans le controle biologique de *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae) en Algérie. *Faun. Entomol.* 63(2), 165–169.

26. Badreddine, B. S., Olfa, E., Samir, D., Hnia, C., & Lahbib, B. J. M. (2015). Chemical composition of Rosmarinus and Lavandula essential oils and their insecticidal effects on *Orgyia trigotephras* (Lepidoptera, Lymantriidae). *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 8(2), 98–103
27. Balachowsky A., (1928) Observation biologiques sur les parasites des coccides du Nord-African. . Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, N°5, pp 280-312
28. Balachowsky A., (1953) - Les cochenilles de France d'Europe, du nord de l'Afrique et du bassin méditerranéen. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, N° 4, T. IV, pp 782-787.
29. Barrientos, Z.R., Apablaza, H.J., Norero, S.A., Estay, P.P. (1998) Temperatura base y constante térmica de desarrollo de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Cienciae Investigacion Agraria*, 25(1), 133–137.
30. Bassil, K. L., Vakil, C., Sanborn, M., Cole, D. C., Kaur, J. S., & Kerr, K. J. (2007). Cancer health effects of pesticides. *Can Fam Physician*, 53(10), 1704–1711.
31. Belmain, S., & Stevenson, P. (2001). Ethnobotanicals in Ghana: reviving and modernising age-old farmer practice. *Pesticide Outlook*, 6(2001), 233–238.
32. Ben Hamouda, A., Mechi, A., & Zarred, K. (2014). Insecticidal Activities of Fruit Peel Extracts of Pomegranate (*Punica granatum*) against the red flour beetle *Tribolium castaneum*, 9(4) 91-100.
33. Ben Jemaa, J. M., Haouel, S., Bouaziz, M., & Khouja, M. L. (2012). Seasonal variations in chemical composition and fumigant activity of five Eucalyptus essential oils against three moth pests of stored dates in Tunisia. *Journal of Stored Products Research*, 48(2), 61–67.
34. Ben Jemâa, J. M., Tersim, N., Taleb Toudert, K., & Khouja, M. L. (2012). Insecticidal activities of essential oils from leaves of *Laurus nobilis* L. from Tunisia, Algeria and Morocco, and comparative chemical composition. *Journal of Stored Products*, 48 (2) 97-104

35. Benaissa, K., & Belhamra, M. (2017). Contribution to a study of the effect of the essential oil of Henna (*Lawsonia inermis* L), on the biological aspect of white scale (*Parlatoria blanchardi* targ) of Date Palm. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 51(3), 309–312.
36. Benayad, N., Ebrahim, W., Hakiki, A., & Mosaddak, M. (2012). Chemical characterization and insecticidal evaluation of the essential oil of *Mentha suaveolens* L. and *Mentha pulegium* L. growing in Morocco. *Scientific Study and Research: Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 13(1), 27–32.
37. Berkani A. & Badaoui M.I. (2008). La mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae). *Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie*, 16 p.
38. Betz, F. S., Hammond, B. G., & Fuchs, R. L. (2000). Safety and advantages of *Bacillus thuringiensis*-protected plants to control insect pests. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 32(2), 156-173.
39. Bhagat, S., Birah, A., Kumar, R., Yadav, M. S., & Chattopadhyay, C. (2014). Plant disease management: Prospects of pesticides of plant origin. In D. Singh (Ed.), *Advances in Plant Biopesticides* (pp. 119–129). Springer India.
40. Bhowmik, D., Kumar, K. S., Paswan, S., & Srivastava, S. (2012). Tomato-a natural medicine and its health benefits. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(1), 33-43.
41. Blancard D. (2009) .Les maladies de la tomate, identifier, connaitre, maitriser. Edition : Quæ. Paris. 691p.
42. Bloomquist, J. R. (1996). Ion channels as targets for insecticides. *Annual Review of Entomology*, 41, 163–90.
43. Blumberg, D. (2008). Date palm arthropod pests and their management in Israel. *Phytoparasitica*, 36(5), 411-448.
44. Boeke, S. J., Baumgart, I. R., Van Loon, J. J. A., Van Huis, A., Dicke,

- M., & Kossou, D. K. (2004). Toxicity and repellence of African plants traditionally used for the protection of stored cowpea against *Callosobruchus maculatus*. *Journal of Stored Products Research*, 40(4), 423–438.
45. Bourmita, Y., Belboukhari, N., Cheriti, A., & Ould El Hadj, M. D. (2013). Recherche préliminaire des sources végétales sahariennes à alcaloïdes pour usage bio-insecticides. *Algerian journal of arid environment*, 3(1), 1-10.
46. Bouzouina, M., Berkani, A., Lotmani, B., Amari, N. O., & Aneur, S. (2012). Effects of *Citrus sinensis* crude phenol extract on the larval development of *Phyllocnistis citrella* staint. (Lepidoptera: Gracillariidae). *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18(3), 334–341.
47. Boyden, B. L. (1941). Eradication of the Parlatoria date scale in the United States (No. 431-434). US Department of Agriculture.
48. Bream, A. S., Arts, F., El, O., Hassan, M. I., & Fouda, M. a. (2009). Toxicity and Repellent Activity of *Phragmites australis* Extracts Against the Mosquito Vector *Culex pipiens*, *Tunisian Journal of Plant Protection*, 4(2), 157-172.
49. Bream, A., El-sheikh, T., Fouda, M., & Hassan, M. (2010). Larvicidal and repellent activity of extracts derived from aquatic plant *Echinochloa stagninum* against *Culex pipiens*. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 5(1), 107–124.
50. Bruneton, J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème Ed. Paris: Tec & Doc Lavoisier, P. 207-211.
51. Cáceres., S. (2000). La polilla del tomate: Manejo químico-cultural. Hoja de Divulgación 15. Estación Experimental Agropecuaria Bella Vista, INTA, 5 p.
52. Calatayud, P., & Rü, B. Le. (2006). Cassava-Mealybug Interactions. Paris: Institut de Recherche pour le Développement. 55p

53. Caparros Megido, R., Haubruge, E., & Verheggen, F. (2013). Pheromone-based management strategies to control the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). A review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 17(3), 475-482.
54. Caparros Megido, R., Haubruge, E., & Verheggen, F. J. (2012). First evidence of deuterotokous parthenogenesis in the tomato leafminer , *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *J Pest Sci*, 85 (2012), 409–412.
55. Casida, J. E., McLaughlin Gormley King Co., M., & Pyrethrum Board of Kenya. (1973). Pyrethrum, the natural insecticide. Academic Press.
56. Chapman, R. F. (2003). Contact chemoreception in feeding by phytophagous insects. *Annual Review of Entomology*, 48(7), 455–484.
57. Chapple, A. C., Downer, R. A., & Bateman, R. P. (2000). Theory and practice of microbial insecticide application. In *Field manual of techniques in invertebrate pathology* (pp. 5-37). Springer, Dordrecht.
58. Chaudhary, S., Kanwar, R. K., Sehgal, A., Cahill, D. M., Barrow, C. J., Sehgal, R., & Kanwar, J. R. (2017). Progress on *Azadirachta indica* based biopesticides in replacing synthetic toxic pesticides. *Frontiers in Plant Science*, 8(5),1-13.
59. Chegini, S. G., & Abbasipour, H. (2017). Chemical composition and insecticidal effects of the essential oil of cardamom , *Elettaria cardamomum* on the tomato leaf miner , *Tuta absoluta*. *Toxin Rev*, 36(1), 12–17.
60. Chehma, A. (2006). Catalogue des plantes spontanées du Sahara septentrional algérien. *Edition Dar El Houda, Algérie*, 140p.
61. Chidege, M., Al, S., Hassan, N., Julie, A., Kaaya, E., & Mrogoro, S. (2016). First record of tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera : Gelechiidae) in Tanzania. *Agriculture & Food Security*, 5(17), 2-7.
62. Clarke JF (1962) New species of microlepidoptera from Japan. *Entomol*

News, 4(2), 73:102.

63. Cockerell, T. D. A. (1907). *The Scale Insects of the Date Palm*. Tucson.
64. Colom, O. A., Barrachina, I., Mingol, I. A., Mas, M. C. G., Sanz, P. M., Neske, A., & Bardon, A. (2008). Toxic effects of annonaceous acetogenins on *Oncopeltus fasciatus*. *Journal of Pest Science*, 81(2), 85–89.
65. Copping, L. G., & Menn, J. J. (2000). Biopesticides: A review of their action, applications and efficacy. *Pest Management Science*, 56(8), 651–676.
66. Coss, A. A., Bartelt, R. J., Zilkowski, B. W., Bean, D. W., & Petroski, R. J. (2005). The aggregation pheromone of *Diorhabda elongata*, a biological control agent of saltcedar (*Tamarix* spp.): identification of two behaviorally active components. *Journal of Chemical Ecology*, 31(3), 657-670.
67. Dabbour, A. I. (1981). Distribution of the scale insect *Parlatoria blanchardi* Targ. on date-palm trees. *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent*, 46(2), 553–558.
68. Daddi Bouhoune, M. (1997). Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne : cas du M'Zab. Thèse Magister., I.N.A. ,Alger 25-46.
69. Dastagir, G., & Hussain, F. (2013). Cytotoxic activity of plants of family Zygophyllaceae and Euphorbiaceae. *Sarhad J. Agric.*, 29(1), 83–91.
70. Dayan, F. E., Cantrell, C. L., & Duke, S. O. (2009). Natural products in crop protection. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 17(12), 4022-4034.
71. Dehliz, A., Lakhdari, W., Acheuk, F., Aoudjit, R., Benlamoudi, W., Mlik, R., ... & Matallah, S. (2018). *Euphorbia guyoniana* aqueous extract efficiency against tomato leaf miner in southern East Algeria. *Organic Agriculture*, 8(4), 349-354.
72. Demnati, F., & Allache, F. (2014). Effect of *Verbascum sinuatum* (Scrophulariaceae) on oviposition of *Callosobruchus maculatus* (Bruchidae), 3(3), 327–334.

73. Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K. A., Burgio, G., Arpaia, S., Narváez-Vasquez, C. A. & Pizzol, J. (2010). Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of pest science*, 83(3), 197-215.
74. développement : cellule des zones arides, INRA- GRET. 276 pages.
75. Dhouibi M. H., 1991 – Les principaux ravageurs du palmier dattier et de la datte en Tunisie. Ed. INAT. Tunis, 63 p.
76. Dhouibi M. H., 2001 – Lutte intégrée contre les ravageurs du palmier dattier. Atelier IPM Biskra 22 – 24 octobre 2001 FAO/SNEA, 14 p.
77. Dimetry, N. Z. (2014). Different Plant Families as Bioresource for Pesticides. In D. Singh (Ed.), *Advances in Plant Biopesticides* (Springer, pp. 1–20). New Delhi: Springer.
78. Douiri, L. F., Boughdad, A., Alaoui, M. H., & Moumni, M. (2014). Biological Activity of *Rosmarinus officinalis* Essential Oils against, 4(2), 5–14.
79. Eddaya, T., Boughdad, A., Sibille, E., Chaimbault, P., Zaid, A., & Amechrouq, A. (2013). Biological activity of *Sapindus mukorossi* Gaerten (Sapindaceae) aqueous extract against *Thysanoplusia orichalcea* (Lepidoptera: Noctuidae). *Industrial Crops and Products*, 50, 325–332.
80. El Abdouni Khiyari, M., Kasrati, A., Jamali, C. A., Zeroual, S., Markouk, M., Bekkouche, K. & Abbad, A. (2014). Chemical composition, antioxidant and insecticidal properties of essential oils from wild and cultivated *Salvia aucheri* subsp. *blancoana* (Webb. & Helder), an endemic, threatened medicinal plant in Morocco. *Industrial Crops and Products*, 57, 106–109.
81. El-Akhal, F., Lalami, A. E. O., Zoubi, Y. E., Greche, H., & Guemmouh, R. (2014). Chemical composition and larvicidal activity of essential oil of *Origanum majorana* (Lamiaceae) cultivated in Morocco against *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(9), 746–750.

82. Elimem, M., & Chermiti, B. (2011). *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera ; Thripidae) Sensitivity to Two Concentrations of a Herbal Insecticide “ Baicao 2 ” in a Tunisian Rose Crop Greenhouse.
83. El-Juhany, L. I. (2010). Degradation of date palm trees and date production in Arab countries: causes and potential rehabilitation. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(8), 3998-4010.
84. El-Maghraby, S., Nawwar, G. A., Bakr, R. F. A., Helmy, N., & Kamel, O. M. H. M. (2012). Toxicological studies for some agricultural waste extracts on mosquito larvae and experimental animals. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2(7), 558–563.
85. El-Sinary, H. . (2006). Evaluation of the Insecticidal Effect of Pumpkin *Cucurbita pepo* Against Potato Tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) Combined with Gamma Irradiation, *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 1(1), 18–22.
86. EPA, US Environmental Protection Agency, 2000 (révision). Reregistration eligibility science chapter for chlorpyrifos: Fate and environmental risk assessment chapter, 94p.
87. FAOSTAT. (2017). Retrieved July 31, 2017, from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
88. Farag, M., Ahmed, M. H. M., Yousef, H., & Abdel-Rahman, A. A. H. (2011). Repellent and insecticidal activities of *Melia azedarach* L. against Cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisd.). *Zeitschrift Fur Naturforschung - Journal of Biosciences*, 66 C(3–4), 129–135.
89. Fatma, B., Fatiha, M., Elattafia, B., & Nouredine, D. (2016). Phytochemical and antimicrobial study of the seeds and leaves of *Peganum harmala* L. against urinary tract infection pathogens. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 6(10), 822-826.
90. Felliachi S., (2005) Transformation des produits du palmier dattier : potentiel et atouts, problématique, opportunités, thématique. Journée d'étude sur

la transformation des produits du palmier dattier. Biskra, 6 – 7 Décembre 2005. ITDAS, Biskra, 82 p, Pp 3 – 8.

91. Ferris G . F . . (1937) . *Parlatoria blanchardi* TARGIONI . Atlas of the insects of North America . Stanford University press . 1 937, Stanford California .

92. Figueiredo, C., Barroso, J., Pedro, L., & Scheefeer, J. (2007). Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour Fragr. J.*, 22(1), 213–226.

93. Finney, D. J. (1964). Statistical method in biological assay / D.J. Finney (2nd ed.). London: Charles Griffin.

94. Frah, N., Nia, B., & Medjdoub Bensaad, F. (2013). Comparative effect of flavonoids extracted from the leaves of the bean (*Vicia faba* L . var . Headquarters) and acetamiprid on the second trophic level *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae) and the third trophic level *Coccinella septempunctata* L, 3(July), 199–203.

95. Franco, J. C., Zada, A., & Mendel, Z. (2009). Novel Approaches for the Management of Mealybug Pests. In *Biorational Control of Arthropod Pests* (pp. 233–278). Dordrecht: Springer Netherlands.

96. Frei, B., Schmid, P., & Schmid, P. (2018). Development Trends in Pesticide Formulation and Packaging, 33–42.

97. Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W. W., Emmerson, M., Morales, M. B., ... Inchausti, P. (2010). Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology*, 11(2), 97–105.

98. Gharib, A. (1973). *Parlatoria blanchardi* Targ. (Homoptera - Diaspididae). *Entomologie et Phytopathologie Appliquées*, 34, 10–17.

99. Gnankiné, O., & Bassolé, I. H. N. (2017). Essential Oils as an Alternative to Pyrethroids' Resistance against Anopheles Species Complex

Giles. *Molecules*, 22(10), 1–23.

100. Green, B. T., Welch, K. D., Panter, K. E., & Lee, S. T. (2013). Plant Toxins That Affect Nicotinic Acetylcholine Receptors: A Review. *Chemical Research in Toxicology*, 26(8), 1129–1138.

101. Guedes, R. N. C., & Picanço, M. C. (2012). The tomato borer *Tuta absoluta* in South America: pest status, management and insecticide resistance. *EPPO bulletin*, 42(2), 211-216.

102. Hackman, R. H. (1951). The Chemical Composition of the Wax of the White Wax Scale, *Ceroplastes desfructor* (Newstead). *Arch. Biochem. Biophys*, 33(1), 150–154.

103. Hafsi, A., Abbes, K., Chermiti, B., & Nasraoui, B. (2012). Response of the tomato miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) to thirteen insecticides in semi-natural conditions in Tunisia. *EPPO Bulletin*, 42(2), 312–316.

104. Hamdi, S. H., Hedjal-Chebheb, M., Kellouche, A., Khouja, M. L., Boudabous, A., & Jemâa, J. M. B. (2015). Management of three pests' population strains from Tunisia and Algeria using Eucalyptus essential oils. *Industrial Crops and Products*, 74, 551-556.

105. Hamouda, A. B., Boussadia, O., Khaoula, B., Laarif, A., & Braham, M. (2015). Studies on insecticidal and deterrent effects of olive leaf extracts on *Myzus persicae* and *Phthorimaea operculella*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(6), 294-297.

106. Hamouda, A. B., Zarrad, K., Laarif, A., & Chaieb, I. (2015). Insecticidal effect of *Solanum elaeagnifolium* extracts under laboratory conditions. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(3), 187-190.

107. Haouas, D., Guido, F., Monia, B. H. K., & Habib, B. H. M. (2011). Identification of an insecticidal polyacetylene derivative from *Chrysanthemum macrotum* leaves. *Industrial Crops and Products*, 34(1), 1128–1134.

108. Haouas, D., Harzallah-Skhiri, F., Halima-Kamel, M. B., & Hamouda, M. H. B. Three Chrysanthemum Flowerhead Powders in Controlling Feeding and Behaviour of *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae)(Boisduval). *African Journal of Plant Science and Biotechnology*, 2(1), 18-22.
109. Hare, D. J., & Morse, J. G. (1997). Toxicity, Persistence, and Potency of Sabadilla Alkaloid Formulations to Citrus Thrips (Thysanoptera: Thripidae). *Journal of Economic Entomology*, 90(2), 326–332.
110. Hendrichs, J., Franz, G., & Rendon, P. (1995). Increased effectiveness and applicability of the sterile insect technique through male-only releases for control of Mediterranean fruit flies during fruiting seasons. *Journal of Applied Entomology*, 119(1-5), 371-377.
111. Hussain, A. I., Rathore, H. A., Sattar, M. Z. A., Chatha, S. A. S., Sarker, S. D., & Gilani, A. H. (2014). *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad (bitter apple fruit): A review of its phytochemistry, pharmacology, traditional uses and nutritional potential. *Journal of Ethnopharmacology*, 155(1), 54–66.
112. Husseiny, I. M. El, Kholy, S. E. El, & Othman, A. A. (2014). Laboratory testing of the toxicity of jujube (*Zizyphus jujuba*) oil and leaf extracts Against *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *African Entomology*, 22(4), 755–761.
113. Iazzourene, G., Mouhouche, F., & Hazzit, M. (2014). Antioxydant and Insecticidal Activity of Algerian *Myrtus Communis* L. Extracts. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 4(6), 193–202.
114. Idder M.A, Bensaci, M., Oualan, M., & Pintureau, B. (2007) Efficacité comparée de trois méthodes de lutte contre la cochenille blanche du palmier-dattier dans la région de Ouargla (Sud-est algérien) (Hémiptera, Diaspididae). *Bull la Société Entomol Fr*, 112, 191–196.
115. Idder, A., (1991) Aperçu bioécologique sur *Parlatoria blanchardi* (Homoptera, Diaspididae) en palmeraies à Ouargla et utilisation des ennemies naturelles *Pharoscyrnus semiglobosus* (Coleoptera, Coccinellidae) dans le

cadre d'un essai de lutte biologique. Thèse magister Inst. Nat. Agro., El-Harrach, 145 p. 50.

116. Idder, M. A., Pintureau, B., & Bouameur, I. H. (2015). Dynamique des populations et nombre de générations de la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* Targ . du palmier dattier dans la région de Ouargla Population dynamics and number of generations of white cochineal *Parlatoria blanchardi* Targ . date palm i. Revue ElWahat Pour Les Recherches et Les Etudes, 8(1), 1–10.

117. Idder-ighili, H., Idder, M. A., Doumandji-Mitiche, B., & Chenchouni, H. (2015). Modeling the effects of climate on date palm scale (*Parlatoria blanchardi*) population dynamics during different phenological stages of life history under hot arid conditions. *Int J Biometeorol*, 59(10), 1425–1436.

118. Ipterti, G., & Laudeho, Y. (1969). Les entomophages de *Parlatoria blanchardi* Targ dans les palmeraies de l'Adrar Mauritanien. *Ann. Zool. Ecol. Anim*, 1(1), 17–30.

119. Isman, M. B. (2015). A renaissance for botanical insecticides? *Pest Management Science*, 71(12), 1587–1590.

120. Isman, M. B., & Seffrin, R. (2014). Natural Insecticides from the Annonaceae: A Unique Example for Developing Biopesticides. In D. Singh (Ed.), *Advances in Plant Biopesticides* (pp. 21–33). New Delhi: Springer.

121. Jbilou, R., & Sayah, F. (2007). Effects of *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) seed extracts on the development of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 27(3–4), 199-209.

122. Jena, J., & Gupta, A. K. (2012). *Ricinus communis* linn: A phytopharmacological review. *Int J Pharm Pharm Sci*, 4(4), 25–29.

123. Jennifer Mordue, A., & Nisbet, A. J. (2000). Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. *Anais Da Sociedade Entomológica Do Brasil*, 29(4), 615–632.

124. Kasrati, A., Alaoui Jamali, C., Bekkouche, K., Wohlmuth, H., Leach, D., & Abbad, A. (2015). Comparative evaluation of antioxidant and insecticidal properties of essential oils from five Moroccan aromatic herbs. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 2312–2319.
125. Kassemi, N., Khelil Mohamed, A., & Bendimerad, N. (2013). Evaluation of the Insecticidal Activity of the Aerial Part of *Pseudocytisus integrifolius* (Salisb) Rehder on Grain Borer, *Rhyzopertha dominica* Fab.(Bostrychidae) and. *Journal of Life Sciences*.
126. Kassimi, A., EL watik, L., & Moumni, M. (2012). Study of the insecticidal effect of oregano and thyme essential oils and neem carrier. *Journal of Environmental Solutions*, 1(1), 1–5.
127. Kazem, M. G. T., & El-Shereif, S. A. E. H. N. (2010). Toxic effect of capsicum and garlic xylene extracts in toxicity of boiled linseed oil formulations against some piercing sucking cotton pests. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 8(4), 390–396.
128. Kehat, M., Swirski, E. (1964) Chemical control of the date palm scale, *Parlatoria blanchardi*, and the effect of some insecticides on the lady beetle *Pharoscymnus.numidicus* Pic. *Israel Journal of agricultural Reserch*. 14(3) 101-110.
129. Kemassi, A., Boual, Z., Bouziane, N., Ould El Hadj-Khelil, A., & Ould El Hadj, M. D. (2013). Biological activity of essential oils leaves from one Sahara plant: *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) on the desert locust. *International Journal of Current Micrology and Applied Sciences*, 2(8), 389–395.
130. Kemassi, A., Bouziane, N., Boual, Z., & El Hadj, M. O. (2014). Activité biologique des huiles essentielles de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et de *Cleome arabica* L.(Capparidaceae) sur *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Phytothérapie*, 12(6), 348-353.
131. Khalfi, O., Benyoussef, E.-H., & Yahiaoui, N. (2006). Extraction,

Analysis and Insecticidal Activity of Spearmint Essential Oil from Algeria Against *Rhyzopertha dominica* (F.). *Journal of essential oil bearing plants*, 9(1), 17–21.

132. Khalfi, O., Sahraoui, N., Bentahar, F., & Boutekedjiret, C. (2013). Chemical composition and insecticidal properties of *Origanum glandulosum* (Desf.) essential oil from Algeria. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 13(2), 125–135.

133. Khan, A. M., Qureshi, R. A., Ullah, F., Gilani, S. A., Nosheen, A., Sahreen, S. & Murad, W. (2011). Phytochemical analysis of selected medicinal plants of Margalla Hills and surroundings. *Journal of medicinal plants research*, 5(25), 6055-6060.

134. Khater, H. F., & Shalaby, A. A.S. (2008). Potential of biologically active plant oils to control mosquito larvae (*Culex pipiens*, Diptera: Culicidae) from an Egyptian locality. *Revista Do Instituto de Medicina Tropical de Sao Paulo*, 50(2), 107–112.

135. Kiran, B. R., Narasimha, M., & Prasad, V. (2017). *Ricinus communis* L. (Castor bean), a potential multi-purpose environmental crop for improved and integrated phytoremediation. *The EuroBiotech Journal*, 1(2), 101–116.

136. Koul, O., Isman, M. B., & Ketkar, C. M. (1990). Properties and uses of neem, *Azadirachta indica*. *Canadian Journal of Botany*, 68(1), 1–11.

137. Kumar, A., Singh, S. P., & Bhakuni, R. S. (2005). Secondary metabolites of Chrysanthemum genus and their biological activities. *Current science*, 89(9), 1489-1501.

138. Lacey, L. A., Frutos, R., Kaya, H. K., & Vail, P. (2001). Insect pathogens as biological control agents: do they have a future?. *Biological control*, 21(3), 230-248.

139. Ladhari, A., Omezzine, F., Chaieb, I., & Haouala, R. (2013). Antifeeding and insecticidal effects of *Capparis spinosa* L. on *Spodoptera littoralis* (Boisduval) larvae, *African Journal of Agricultural Research*, 8(42),

5232–5238.

140. Lamari, A., Teyeb, H., Cheikh, H. Ben, Douki, W., & Neffati, M. (2014). Chemical Composition and Insecticidal Activity of Essential Oil of *Salvia officinalis* L. Cultivated in Tunisia. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 17(3), 506–512.

141. Lance, D. R., & McInnis, D. O. (2005). Biological basis of the sterile insect technique. In *Sterile Insect Technique* (pp. 69-94). Springer, Dordrecht.

142. Li, W. (1996). Extraction of alkaloids from *Peganum harmala* L. and study on their antihydatid chemical composition. *Journal of Lanzhou Medical College*, 22(1), 16–18.

143. Lietti, M. M. M., Botto, E., & Alzogaray, R. A. (2005). Insecticide resistance in Argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 34(1), 113–119.

144. Lopez E (1991) Polilla del tomate: Problema crítico para la rentabilidad del cultivo de verano. *Empresa y Avance Agrícola*, 1, 6–7

145. Mansour, S. a, Bakr, R. F., Hamouda, L. S., & Mohamed, R. I. (2010). Toxic and synergistic properties of several botanical extracts against larval and adult stages of the mosquito *Anopheles pharoensis*. *J Biopest Int*, 2(2010), 129–145.

146. Mansour, S. A., El-Sharkawy, A. Z., & Abdel-Hamid, N. A. (2015). Toxicity of essential plant oils, in comparison with conventional insecticides, against the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forskål). *Industrial Crops and Products*, 63, 92–99.

147. Mascarin, G. M., & Jaronski, S. T. (2016). The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32(11), 177.

148. Matsuda, K., Buckingham, S. D., Kleier, D., Rauh, J. J., Grauso, M., & Sattelle, D. B. (2001). Neonicotinoids: insecticides acting on insect nicotinic

- acetylcholine receptors. *Trends in Pharmacological Sciences*, 22(11), 573–80.
149. Mclaughin, G. A. (1973). –History of Pyrethrum. In *Pyrethrum* (pp. 3–15).
150. Mehta, A., Srivastva, G., Kachhwaha, S., Sharma, M., & Kothari, S. L. (2013). Antimycobacterial activity of *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad. against drug sensitive and drug resistant *Mycobacterium tuberculosis* and MOTT clinical isolates. *Journal of Ethnopharmacology*, 149(1), 195–200.
151. Miresmailli, S., & Isman, M. B. (2014). Botanical insecticides inspired by plant–herbivore chemical interactions. *Trends in Plant Science*, 19(1), 29–35.
152. Mohamed, M. I. E., & Abdelgaleil, S. a. M. (2008). Chemical composition and insecticidal potential of essential oils from Egyptian plants against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Applied Entomology and Zoology*, 43(4), 599–607.
153. Molla O., Monton H., Beitia F.& Urbaneja A.(2008). La pollila del tomate, una nueva plaga invasora, *Tuta absoluta* (Meyrick). *Agrotécnicas, S.L. Terallia*, 69,.36-42.
154. Moreno, S. C., Carvalho, G. A., Picanço, M. C., Morais, E. G., & Pereira, R. M. (2012). Bioactivity of compounds from *Acmella oleracea* against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) and selectivity to two non-target species. *Pest management science*, 68(3), 386-39.
155. Mullai, K., & Jebanesan, A. (2007). Larvicidal, ovicidal and repellent activities of the leaf extract of two cucurbitaceous plants against filarial vector *Culex quinquefasciatus* (Say) (Diptera : Culicidae). *Tropical Biomedicine*, 24(1), 1–6.
156. Munier P. (1973). Le palmier dattier, techniques agricoles et productions tropicales. Paris:Maisonneuve et Larose 1-222.

157. Navez B.(2011).Tomate :qualité et préférence. Edition Ctifl.Paris.271p
158. Nilahyane, A., Bouharroud, R., Hormatallah, A., & AitTaadaouit, N. (2012). Larvicidal effect of plant extracts on *Tuta absoluta* (Lepidoptera , Gelechiidae), *Mediterranean Climate*, 80(1), 305–310.
159. Niroumand, M. C., Farzaei, M. H., Karimpour-raz-, E. E., Amin, G., Khanavi, M., Akbarzadeh, T., & Shams-Ardekani, M. R. (2016). An evidence-based review on medicinal plants used as insecticide and insect repellent in traditional Iranian medicine. *Iran Red Crescent Med J*, 18(2).
160. Novak, J., Draxler, L., Göhler, I., & Franz, C. M. (2005). Essential oil composition of *Vitex agnus-castus* comparison of accessions and different plant organs. *Flavour and fragrance journal*, 20(2), 186-192.
161. Olawore, N. O., Ogunwande, I. A., Ekundayo, O., & Adeleke, K. A. (2005). Chemical composition of the leaf and fruit essential oils of *Murraya paniculata* (L.) Jack.(Syn. *Murraya exotica* Linn.). *Flavour and fragrance journal*, 20(1), 54-56..
162. Ozenda P., (1991): Flore de Sahara (3) édition mise à jour et augmentée) Paris, Editions du CNRS. 662 pages.
163. Pacheco-Sánchez, C., Villa-Ayala, P., Montes-Belmont, R., Figueroa-Brito, R., & Jiménez-Pérez, A. (2012). Repellency of Hydroethanolic Extracts of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) to *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae) in the Laboratory. *Florida Entomologist*, 95(3), 706–710.
164. Peralta, I. E., Spooner, D. M., Razdan, M. K., & Mattoo, A. K. (2006). History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). *Genetic improvement of solanaceous crops*, 2, 1-27.
165. Pereyra, P.C. & Sanchez, N.E. (2006) Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotrop. Entomol.*, 35, 671–676

166. Pintureau, B. (2009). *La lutte biologique et les trichogrammes. Application au contrôle de la pyrale du maïs* (p. 261). Editions Le Manuscrit.
167. Polack L.A. (1999). Ensayos de eficacia de plaguicidas empleados contra la polilla del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick). Buenos Aires, Centro Agrícola El Pato, INTA. 2 p.
168. Prajapati, Narayan Das, S. S., Purohit, A. K., & Kumar., S. & T. (2003). *A Handbook of Medicinal Plants: A Complete Source Book*. India.
169. Proffit, M., Birgersson, G., Bengtsson, M., Reis, R., Witzgall, P., & Lima, E. (2011). Attraction and oviposition of *Tuta absoluta* females in response to tomato leaf volatiles. *Journal of Chemical Ecology*, 37(6), 565-574.
170. Quézel, P. (1978). Analysis of the flora of Mediterranean and Saharan Africa. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 479-534.
171. Radwan, H. M., El-Missiry, M. M., Al-Said, W. M., Ismail, A. S., Shafeek, K. A., & Seif-El-Nasr, M. M. (2007). Investigation of the glucosinolates of *Lepidium sativum* growing in Egypt and their biological activity. *Res J Med Med Sci*, 2(2), 127-132.
172. Ramos-López, M. A., Gonzalez-Chavez, M. M., Cardenas-Ortega, N. C., Zavala-Sanchez, M. A., & Perez G., S. (2012). Activity of the main fatty acid components of the hexane leaf extract of *Ricinus communis* against *Spodoptera frugiperda*. *Afr. J. Biotechnol.*, 11(18), 4274–4278.
173. Rampadarath, S., & Puchooa, D. (2016). In vitro antimicrobial and larvicidal properties of wild *Ricinus communis* L. in Mauritius. *Asian Pac J Trop Biomed*, 6(2), 100–107.
174. Rana, M., Dhamija, H., Prashar, B., & Sharma, S. (2012). *Ricinus communis* L. A review. *Int. J. Pharm Tech Res.*, 4(4), 1706–1711.
175. Redwane, A., Lazrek, H. B., Bouallam, S., Markouk, M., Amarouch, H., & Jana, M. (2002). Larvicidal activity of extracts from *Quercus lusitania* var. *infectoria* galls (Oliv.). *Journal of Ethnopharmacology*, 79(2), 261-263.

176. Regnault-Roger, C. (1997). The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integrated Pest Management Reviews*, 2(1), 25-34.
177. Regnault-Roger, C., Philogène, B. J., & Vincent, C. (2002). Biopesticides d'origines végétales. *Paris*, 337.
178. Rehman, J. U., Jilani, G., Khan, M. A., Masih, R., & Kanvil, S. (2009). Repellent and oviposition deterrent effects of indigenous plant extracts to peach fruit fly, *Bactrocera Zonata* saunders (diptera: Tephritidae). *Pakistan J. Zool.*, 41(2), 101–108.
179. Rehman, J. U., Wang, X.-G., Johnson, M. W., Daane, K. M., Jilani, G., Khan, M. A., & Zalom, F. G. (2009). Effects of *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) seed extract on the olive fruit fly (Diptera: Tephritidae) and its larval parasitoid *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae). *J. Econ. Entomol.*, 102(6), 2233–2240.
180. Renard, S., Calatayud, P., Pierre, J., & Rü, B. Le. (1998). Recognition behavior of the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Homoptera: Pseudococcidae) at the leaf surface of different host plants. *Journal of Insect Behavior*, 11(3), 429–450.
181. Rharrabe, K., Bakrim, A., Ghailani, N., & Sayah, F. (2007). Bioinsecticidal effect of harmaline on *Plodia interpunctella* development (Lepidoptera: Pyralidae). *Pest Biochem Physiol*, 89(2), 137–145.
182. Richter, G. (1993). Métabolisme des Végétaux – Physiologie et Biochimie. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, p. viii.
183. Ridgway, R. (Ed.). (2013). *Biological control by augmentation of natural enemies: insect and mite control with parasites and predators* (Vol. 11). Springer Science & Business Media.
184. Roiditakis, E., Vasakis, E., Grispou, M., Stavrakaki, M., Nauen, R., Gravouil, M., & Bassi, A. (2015). First report of *Tuta absoluta* resistance to diamide insecticides. *Journal of Pest Science*, 88(1), 9-16

185. Sabbour, M. M. (2013). Bioactivity of natural essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Ephestia küeniella*. *Scientia Agriculturae*, *1*, 15-20.
186. Saïdana, D., Ben Halima-kamel, M., Mahjoub, M. A., Haouas, D., Mighri, Z., & Helal, A. N. (2007). Insecticidal Activities of Tunisian Halophytic Plant Extracts against Larvae and Adults of *Tribolium confusum*. *Tropicultura*, *25*(4), 193–199.
187. Saidj, F., Rezzoug, S.-A., Bentahar, F., & Boutekedjiret, C. (2008). Chemical Composition and Insecticidal Properties of *Thymus numidicus* (Poiret) Essential Oil from Algeria. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *11*(4), 397–405.
188. Samir Abd El-Rahman Salama, H., Abdel-Khalek Ismail, I., Fouda, M., Ebadah, I., & Shehata, I. (2015). Some Ecological and Behavioral Aspects of the Tomato Leaf Miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Ecologia Balkanica*, *7*(2), 35–44.
189. Sayah, M. Y., El, A., Lalami, O., Greech, H., & Errachidi, F. (2014). Activité larvicide des extraits de plantes aromatiques sur les larves de moustiques vecteurs de maladies parasitaires. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, *7*(3), 832–842.
190. Scarpa, A., & Guerci, A. (1982). Various uses of the castor oil plant (*Ricinus communis* L.) a review. *Journal of Ethnopharmacology*, *5*(2), 117–137.
191. Schmutterer, H. (1990). Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annual Review of Entomology*, *35*(1), 271–297.
192. Shao, H., Huang, X., Zhang, Y., & Zhang, C. (2013). Main alkaloids of *Peganum harmala* L. and their different effects on dicot and monocot crops. *Molecules*, *18*(3), 2623–2634.
193. Shawkey, A. M., Rabeh, M. A., & Abdellatif, A. O. (2014). Biofunctional molecules from *Citrullus colocynthis* : An HPLC / MS analysis in correlation to antimicrobial and anticancer activities. *Advances in Life Science*

and Technology, 17(1), 51–61.

194. Simon, J. Y. (2008). The toxicology and biochemistry of insecticides. Florida: CRC Press Taylor and Francis Group.

195. Siqueira, H. Á. A., Guedes, R. N. C., & Picanço, M. C. (2000). Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agricultural and Forest Entomology*, 2(2), 147-153.

196. Skirvin, D. J., & Fenlon, J. S. (2001). Plant species modifies the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): implications for biological control. *Bulletin of Entomological Research*, 91(1), 61-67.

197. Slimane, B. B. en, Ezzine, O., Dhahri, S., & Jamaa, M. L. (2014). Essential oils from two Eucalyptus from Tunisia and their insecticidal action on *Orgyia trigotephras* (Lepidoptera, Lymantriidae). *Biological Research*, 47, 1–8.

198. Smirnoff W. A., 1954 – Aperçu sur le développement de quelques cochenilles parasites des agrumes au Maroc. Ed. Service Défense des végétaux, Rabat, 29 p.

199. Sola, P., Mvumi, B. M., Ogendo, J. O., Mponda, O., Kamanula, J. F., Nyirenda, S. P., & Stevenson, P. C. (2014). Botanical pesticide production, trade and regulatory mechanisms in sub-Saharan Africa: Making a case for plant-based pesticidal products. *Food Security*, 6(3), 369–384.

200. Son, D., Bonzi, S., Somda, I., Bawin, T., Boukraa, S., Verheggen, F., & Schiffers, B. (2017). First Record of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) in Burkina Faso. *African Entomology*, 25(1), 259–263.

201. Srour, H. A. (2014). Bioactivity of leaf extracts of Alphonso mango against cotton leaf worm, *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae), *Nature and Science*, 12(1), 43–48.

202. Stickney, F. S. (1934). The external anatomy of the *Parlatoria* date scale,

Parlatoria blanchardi Targioni Tozzetti, with studies of the head skeleton and associated parts. Washington, D.C.

203. Suckling, D. M., Karg, G., Rechcigl, J., & Rechcigl, N. (2000). Pheromones and other semiochemicals. *Biological and biotechnological control of insect pests*, 63-99.

204. Swaminathan, R., & Verma, S. K. (1991). Studies on the incidence of date palm scale, *Parlatoria blanchardi* (Targ.) in western Rajasthan. *Entomon*, 16(3), 217–221.

205. Symondson, W. O. C., Sunderland, K. D., & Greenstone, M. H. (2002). Can generalist predators be effective biocontrol agents?. *Annual review of entomology*, 47(1), 561-594.

206. Tabashnik, B. E. (1989). Managing resistance with multiple pesticide tactics: theory, evidence, and recommendations. *Journal of Economic Entomology*, 82(5), 1263–1269.

207. Tabuti J.R.S., Lye K.A. et Dhillion S.S., 2003.- Traditional herbal drugs of Bulamogi, Uganda: plants, use and administration. *J. Ethnopharmacology*, 88, 19-44.

208. Tahar, K., Aissa, M., & Miliani, D. (2014). Insecticide activity of two spontaneous vegetable species *Rosmarinus officinalis* (l. 1753) and *Salvia officinalis* (l. 1753) on *Sitophilus granarius* (l. 1758) (coleoptera–curculionidae). *International journal of agricultural science and research*, 4(6), 203-209.

209. Tamaki, Y. (1966). Chemical composition of the wax secreted by a scale insect (*Ceroplastes pseudoceriferus* Green). *Lipids*, 1(5), 297–300.

210. Tattersfield, F., Gimmingham, C. T., & Morris, H. M. (1925). Studies On Contact Insecticides: Part I. Introduction And Methods. Part Ii. A quantitative examination of the toxicity of *Tephrosia Vogelii* Hook. To *Aphis Rumicis* L. (The Bean Aphis). *Annals of Applied Biology*, 12(1), 61–76.

211. Thamsborg, S. M., Roepstorff, A., & Larsen, M. (1999). Integrated and biological control of parasites in organic and conventional production systems. *Veterinary parasitology*, 84(3-4), 169-186.
212. Tomé, H. V. V, Martins, J. C., Corrêa, A. S., Galdino, T. V. S., Picanço, M. C., & Guedes, R. N. C. (2013). Azadirachtin avoidance by larvae and adult females of the tomato leafminer *Tuta absoluta*. *Crop Protection*, 46, 63–69.
213. Tonnang, H. E. Z., Mohamed, S. F., Khamis, F., & Ekesi, S. (2015). Identification and risk assessment for worldwide invasion and Spread of *Tuta absoluta* with a focus on Sub-Saharan Africa: Implications for phytosanitary measures and management. *Plos one*, 10(8), 1-12.
214. Toudert-Taleb, K., Hedjal-Chebheb, M., Hami, H., Debras, J. F., & Kellouche, A. (2014). Composition of essential oils extracted from six aromatic plants of Kabylia origin (Algeria) and evaluation of their bioactivity on *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Bruchidae). *African Entomology*, 22(2), 417-428.
215. Toutain G., (1979) : Eléments d'agronomie saharienne, de la recherche au
216. Trease E. and Evans W.C. (1987). Pharmacognosie, Billiaire Tindall. London 3 th Ed. P61-62.
217. Trotin-Caudal, Y., Chabrière, C., Baffert, V., Leyre, J. M., Terrentroy, A., & Hulas, N. (2011). Experimental studies on *Tuta absoluta* (Meyrick) in protected tomato crops: biological control and integrated crop protection. in 4ème conférence internationale sur les méthodes alternatives en protection des cultures. evolution des cadres réglementaires européen et français. nouveaux moyens et stratégies innovantes, nouveau siècle, lille, france, 8-10 mars 2011 (pp. 851-861). Association Française de Protection des Plantes (AFPP).
218. Tumuhaise, V., Khamis, F. M., Agona, A., Sseruwu, G., & Mohamed, S. A. (2016). First record of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Uganda. *International journal of tropical insect science*, 36(3), 135-139.

219. Turek, C., & Stintzing, F. C. (2013). Stability of essential oils: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(1), 40–53. h
220. Uchoa-Fernandes MA, Della Lucia TMC, Vilela EF (1995) Mating, oviposition and pupation of *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil*, 24, 159–164
221. Uma C., Sekar K.G, (2014) Phytochemical analysis of a folklore medicinal plant *Citrullus colocynthis* L (bitter apple) *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2 (6), 195-202.
222. UNESCO (1960) Les plantes médicinales des régions arides. *Recherche sur les zones arides*, vol. 13, Paris, 99 p.
223. Urbaneja, A., Montón, H. & y Mollá, O. (2009). Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. *Journal of Applied Entomology*, 133(4), 292-296
224. Urbaneja, A., Vercher, R., Navarro, V., Garcia Mari, F., & Porcuna, J. (2007). La polilla del tomate, *Tuta absoluta*. *Phytoma*, 194, 16–23.
225. Uulu Esenali, T., Ulusoy, M. R., & Çalışkan, A. F. (2017). First record of tomato leafminer *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) in Kyrgyzstan. *EPPO Bulletin*, 47(2), 285-287.
226. Van Petegem, F. (2012). Ryanodine Receptors: Structure and Function. *Journal of Biological Chemistry*, 287(38), 31624–31632.
227. Vincent, C. D. Coderre. 1992. *La lutte biologique à la croisée des chemins*, 645-650.
228. Visser, D., Uys, V. M., Nieuwenhuis, R. J., & Pieterse, W. (2017). First records of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick , 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) in South Africa. *Bioinvasions Recods*, 6(4), 301–305.
229. Wachira, S. W., Omar, S., Jacob, J. W., Wahome, M., Alborn, H. T., Spring, D. R., & Torto, B. (2014). Toxicity of six plant extracts and two pyridone alkaloids from *Ricinus communis* against the malaria vector *Anopheles*

gambiae. *Parasites & Vectors*, 7(1), 2–8.

230. Walia, S., Saha, S., & Rana, V. S. (2014). Phytochemical pesticides. In *Advances in plant biopesticides* (pp. 295–322). New Delhi: Springer.

231. Walker, G., Richards, C. ., Jones, W., & Aitken, D. C. (1991). Toxicity of five insecticides used to control California red scale (Homoptera_ Diaspididae) against susceptible red scale strains. *J. Econ. Entomol*, 84(1), 17–24.

232. Ware, G. W. (1996). *Complete guide to pest control, with and without chemicals* (No. Ed. 3). Thomson Publications.

233. Wink, M. (1988). Plant breeding: importance of plant secondary metabolites for protection against pathogens and herbivores. *Theor Appl Genet*, 75(2), 225–233.

234. Wittstock, U., & Gershenzon, J. (2002). Constitutive plant toxins and their role in defense against herbivores and pathogens. *Current opinion in plant biology*, 5(4) 1–8.

235. Yanfeng, Z. H. A. N. G., Yingping, X. I. E., Jiaoliang, X. U. E., Xiaohong, F. U., & Weimin, L. I. U. (2012). The structure of integumentand wax glands of *Phenacoccus fraxinus* (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae). *Zoological Research*, 33(E1-2), 13-17

236. Yarou, B. B., Bawin, T., Boullis, A., Heukin, S., Lognay, G., Verheggen, F. J., & Francis, F. (2018). Oviposition deterrent activity of basil plants and their essentials oils against *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Environmental Science and Pollution Research*, 25(30), 29880-29888

237. Yousef, H. (2015). Insecticidal Activity of the Wild Plant, Conyza dioscoridis (L.) Against the Cotton Pink Bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 25(2), 389.

238. Yu, J., Luo, X., Sun, L., Li, D., Huang, W., & Liu, C. (2005). [Chemical constituents from the seeds of *Annona squamosa*. *Acta Pharmaceutica Sinica*, 40(2), 153–8.
239. Zarai, Z., Chobba, I. B., Mansour, R. B., Békir, A., Gharsallah, N., & Kadri, A. (2012). Essential oil of the leaves of *Ricinus communis* L.: in vitro cytotoxicity and antimicrobial properties. *Lipids in health and disease*, 11(1), 102-114.
240. Zekri, N., Amalich, S., Boughdad, A., El belghiti, A. M., & Zair, T. (2013). Phytochemical study and insecticidal activity of *Mentha pulegium* L . oils from Morocco against *Sitophilus Oryzae*, 2(4), 607–619.
241. Zidani S. (2009). Valorisation des pelures de la tomate séchée en vue de leur incorporation dans la margarine. Mémoire de Magister. Université M'hamed Bougara Boumerdes, Faculté des sciences de l'ingénieur.114p.
242. Zouiten, H., Abassi, K., Atay-Kadiri, Z., Mzari, M., El Mahi, M., & Essassi, E. M. (2006). Insecticidal activity of *Solanum sosomaeum* (Solanaceae) extracts on *Schistocerca gregaria* (Forskål) larvae. *Journal of Orthoptera Research*, 15(2), 171–173.
243. حيدر صلاح الحيدري، (1980) النخيل والتمور في الشرق الأدنى وشمال إفريقيا. المشروع الإقليمي لبحوث النخيل في الشرق الأدنى وشمال إفريقيا. بغداد ص36 FAO .

Annexes

Annexe 1. Analyse de la variance de l'effet toxique des extraits sur les larves de la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi*.

Comparaisons multiples :

Variable dépendante: Pourcentage de mortalité

Différence significative de Tukey

(I) Traitement	(J) Traitemen t	Différence moyenne (I-J)	Erreur standard	Sig.	Intervalle de confiance à 95 %	
					Borne inférieure	Borne supérieure
T0	H1	-63,98527*	4,52273	,000	-79,8368	-48,1338
	H2	-74,05674*	4,52273	,000	-89,9082	-58,2052
	H3	-77,94045*	4,52273	,000	-93,7920	-62,0889
	H4	-83,50274*	4,52273	,000	-99,3542	-67,6512
	R1	-65,80322*	4,52273	,000	-81,6547	-49,9517
	R2	-75,79558*	4,52273	,000	-91,6471	-59,9441
	R3	-78,62186*	4,52273	,000	-94,4734	-62,7703
	R4	-82,56516*	4,52273	,000	-98,4167	-66,7136
	C1	-62,47165*	4,52273	,000	-78,3232	-46,6201
	C2	-68,52708*	4,52273	,000	-84,3786	-52,6756
	C3	-76,99073*	4,52273	,000	-92,8422	-61,1392
	C4	-83,04348*	4,52273	,000	-98,8950	-67,1920
	T+	-76,16240*	4,52273	,000	-92,0139	-60,3109
H1	T0	63,98527*	4,52273	,000	48,1338	79,8368
	H2	-10,07147	4,52273	,612	-25,9230	5,7800
	H3	-13,95518	4,52273	,140	-29,8067	1,8963
	H4	-19,51747*	4,52273	,005	-35,3690	-3,6660
	R1	-1,81795	4,52273	1,000	-17,6695	14,0336
	R2	-11,81031	4,52273	,357	-27,6618	4,0412
	R3	-14,63659	4,52273	,099	-30,4881	1,2149
	R4	-18,57989*	4,52273	,009	-34,4314	-2,7284
	C1	1,51362	4,52273	1,000	-14,3379	17,3651
	C2	-4,54181	4,52273	,999	-20,3933	11,3097
	C3	-13,00546	4,52273	,219	-28,8570	2,8460
	C4	-19,05821*	4,52273	,006	-34,9097	-3,2067
	T+	-12,17713	4,52273	,310	-28,0286	3,6744
H2	T0	74,05674*	4,52273	,000	58,2052	89,9082
	H1	10,07147	4,52273	,612	-5,7800	25,9230

	H3	-3,88371	4,52273	1,000	-19,7352	11,9678
	H4	-9,44600	4,52273	,705	-25,2975	6,4055
	R1	8,25352	4,52273	,855	-7,5980	24,1050
	R2	-1,73884	4,52273	1,000	-17,5904	14,1127
	R3	-4,56512	4,52273	,999	-20,4166	11,2864
	R4	-8,50842	4,52273	,828	-24,3599	7,3431
	C1	11,58509	4,52273	,387	-4,2664	27,4366
	C2	5,52966	4,52273	,993	-10,3218	21,3812
	C3	-2,93399	4,52273	1,000	-18,7855	12,9175
	C4	-8,98674	4,52273	,769	-24,8382	6,8648
	T+	-2,10566	4,52273	1,000	-17,9572	13,7459
H3	T0	77,94045*	4,52273	,000	62,0889	93,7920
	H1	13,95518	4,52273	,140	-1,8963	29,8067
	H2	3,88371	4,52273	1,000	-11,9678	19,7352
	H4	-5,56229	4,52273	,993	-21,4138	10,2892
	R1	12,13723	4,52273	,315	-3,7143	27,9887
	R2	2,14487	4,52273	1,000	-13,7066	17,9964
	R3	-,68141	4,52273	1,000	-16,5329	15,1701
	R4	-4,62471	4,52273	,999	-20,4762	11,2268
	C1	15,46880	4,52273	,062	-,3827	31,3203
	C2	9,41337	4,52273	,710	-6,4381	25,2649
	C3	,94972	4,52273	1,000	-14,9018	16,8012
	C4	-5,10303	4,52273	,997	-20,9545	10,7485
	T+	1,77805	4,52273	1,000	-14,0735	17,6296
H4	T0	83,50274*	4,52273	,000	67,6512	99,3542
	H1	19,51747*	4,52273	,005	3,6660	35,3690
	H2	9,44600	4,52273	,705	-6,4055	25,2975
	H3	5,56229	4,52273	,993	-10,2892	21,4138
	R1	17,69952*	4,52273	,016	1,8480	33,5510
	R2	7,70716	4,52273	,906	-8,1444	23,5587
	R3	4,88088	4,52273	,998	-10,9706	20,7324
	R4	,93758	4,52273	1,000	-14,9139	16,7891
	C1	21,03109*	4,52273	,002	5,1796	36,8826
	C2	14,97566	4,52273	,082	-,8758	30,8272
	C3	6,51201	4,52273	,972	-9,3395	22,3635
	C4	,45926	4,52273	1,000	-15,3923	16,3108
	T+	7,34034	4,52273	,932	-8,5112	23,1919
R1	T0	65,80322*	4,52273	,000	49,9517	81,6547
	H1	1,81795	4,52273	1,000	-14,0336	17,6695
	H2	-8,25352	4,52273	,855	-24,1050	7,5980
	H3	-12,13723	4,52273	,315	-27,9887	3,7143

	H4	-17,69952*	4,52273	,016	-33,5510	-1,8480
	R2	-9,99236	4,52273	,624	-25,8439	5,8591
	R3	-12,81864	4,52273	,238	-28,6701	3,0329
	R4	-16,76194*	4,52273	,029	-32,6134	-,9104
	C1	3,33157	4,52273	1,000	-12,5199	19,1831
	C2	-2,72386	4,52273	1,000	-18,5754	13,1277
	C3	-11,18751	4,52273	,444	-27,0390	4,6640
	C4	-17,24026*	4,52273	,021	-33,0918	-1,3887
	T+	-10,35918	4,52273	,568	-26,2107	5,4923
R2	T0	75,79558*	4,52273	,000	59,9441	91,6471
	H1	11,81031	4,52273	,357	-4,0412	27,6618
	H2	1,73884	4,52273	1,000	-14,1127	17,5904
	H3	-2,14487	4,52273	1,000	-17,9964	13,7066
	H4	-7,70716	4,52273	,906	-23,5587	8,1444
	R1	9,99236	4,52273	,624	-5,8591	25,8439
	R3	-2,82628	4,52273	1,000	-18,6778	13,0252
	R4	-6,76958	4,52273	,963	-22,6211	9,0819
	C1	13,32393	4,52273	,190	-2,5276	29,1754
	C2	7,26850	4,52273	,937	-8,5830	23,1200
	C3	-1,19515	4,52273	1,000	-17,0467	14,6564
	C4	-7,24790	4,52273	,938	-23,0994	8,6036
	T+	-,36682	4,52273	1,000	-16,2183	15,4847
R3	T0	78,62186*	4,52273	,000	62,7703	94,4734
	H1	14,63659	4,52273	,099	-1,2149	30,4881
	H2	4,56512	4,52273	,999	-11,2864	20,4166
	H3	,68141	4,52273	1,000	-15,1701	16,5329
	H4	-4,88088	4,52273	,998	-20,7324	10,9706
	R1	12,81864	4,52273	,238	-3,0329	28,6701
	R2	2,82628	4,52273	1,000	-13,0252	18,6778
	R4	-3,94330	4,52273	1,000	-19,7948	11,9082
	C1	16,15021*	4,52273	,042	,2987	32,0017
	C2	10,09478	4,52273	,609	-5,7567	25,9463
	C3	1,63113	4,52273	1,000	-14,2204	17,4826
	C4	-4,42162	4,52273	,999	-20,2731	11,4299
	T+	2,45946	4,52273	1,000	-13,3921	18,3110
R4	T0	82,56516*	4,52273	,000	66,7136	98,4167
	H1	18,57989*	4,52273	,009	2,7284	34,4314
	H2	8,50842	4,52273	,828	-7,3431	24,3599
	H3	4,62471	4,52273	,999	-11,2268	20,4762
	H4	-,93758	4,52273	1,000	-16,7891	14,9139
	R1	16,76194*	4,52273	,029	,9104	32,6134

	R2	6,76958	4,52273	,963	-9,0819	22,6211
	R3	3,94330	4,52273	1,000	-11,9082	19,7948
	C1	20,09351*	4,52273	,003	4,2420	35,9450
	C2	14,03808	4,52273	,134	-1,8134	29,8896
	C3	5,57443	4,52273	,993	-10,2771	21,4259
	C4	-,47832	4,52273	1,000	-16,3298	15,3732
	T+	6,40276	4,52273	,976	-9,4488	22,2543
C1	T0	62,47165*	4,52273	,000	46,6201	78,3232
	H1	-1,51362	4,52273	1,000	-17,3651	14,3379
	H2	-11,58509	4,52273	,387	-27,4366	4,2664
	H3	-15,46880	4,52273	,062	-31,3203	,3827
	H4	-21,03109*	4,52273	,002	-36,8826	-5,1796
	R1	-3,33157	4,52273	1,000	-19,1831	12,5199
	R2	-13,32393	4,52273	,190	-29,1754	2,5276
	R3	-16,15021*	4,52273	,042	-32,0017	-,2987
	R4	-20,09351*	4,52273	,003	-35,9450	-4,2420
	C2	-6,05543	4,52273	,985	-21,9069	9,7961
	C3	-14,51908	4,52273	,105	-30,3706	1,3324
	C4	-20,57183*	4,52273	,002	-36,4233	-4,7203
	T+	-13,69075	4,52273	,159	-29,5423	2,1608
C2	T0	68,52708*	4,52273	,000	52,6756	84,3786
	H1	4,54181	4,52273	,999	-11,3097	20,3933
	H2	-5,52966	4,52273	,993	-21,3812	10,3218
	H3	-9,41337	4,52273	,710	-25,2649	6,4381
	H4	-14,97566	4,52273	,082	-30,8272	,8758
	R1	2,72386	4,52273	1,000	-13,1277	18,5754
	R2	-7,26850	4,52273	,937	-23,1200	8,5830
	R3	-10,09478	4,52273	,609	-25,9463	5,7567
	R4	-14,03808	4,52273	,134	-29,8896	1,8134
	C1	6,05543	4,52273	,985	-9,7961	21,9069
	C3	-8,46365	4,52273	,833	-24,3152	7,3879
	C4	-14,51640	4,52273	,105	-30,3679	1,3351
	T+	-7,63532	4,52273	,911	-23,4868	8,2162
C3	T0	76,99073*	4,52273	,000	61,1392	92,8422
	H1	13,00546	4,52273	,219	-2,8460	28,8570
	H2	2,93399	4,52273	1,000	-12,9175	18,7855
	H3	-,94972	4,52273	1,000	-16,8012	14,9018
	H4	-6,51201	4,52273	,972	-22,3635	9,3395
	R1	11,18751	4,52273	,444	-4,6640	27,0390
	R2	1,19515	4,52273	1,000	-14,6564	17,0467
	R3	-1,63113	4,52273	1,000	-17,4826	14,2204

	R4	-5,57443	4,52273	,993	-21,4259	10,2771
	C1	14,51908	4,52273	,105	-1,3324	30,3706
	C2	8,46365	4,52273	,833	-7,3879	24,3152
	C4	-6,05275	4,52273	,985	-21,9043	9,7988
	T+	,82833	4,52273	1,000	-15,0232	16,6798
C4	T0	83,04348*	4,52273	,000	67,1920	98,8950
	H1	19,05821*	4,52273	,006	3,2067	34,9097
	H2	8,98674	4,52273	,769	-6,8648	24,8382
	H3	5,10303	4,52273	,997	-10,7485	20,9545
	H4	-,45926	4,52273	1,000	-16,3108	15,3923
	R1	17,24026*	4,52273	,021	1,3887	33,0918
	R2	7,24790	4,52273	,938	-8,6036	23,0994
	R3	4,42162	4,52273	,999	-11,4299	20,2731
	R4	,47832	4,52273	1,000	-15,3732	16,3298
	C1	20,57183*	4,52273	,002	4,7203	36,4233
	C2	14,51640	4,52273	,105	-1,3351	30,3679
	C3	6,05275	4,52273	,985	-9,7988	21,9043
	T+	6,88108	4,52273	,958	-8,9704	22,7326
T+	T0	76,16240*	4,52273	,000	60,3109	92,0139
	H1	12,17713	4,52273	,310	-3,6744	28,0286
	H2	2,10566	4,52273	1,000	-13,7459	17,9572
	H3	-1,77805	4,52273	1,000	-17,6296	14,0735
	H4	-7,34034	4,52273	,932	-23,1919	8,5112
	R1	10,35918	4,52273	,568	-5,4923	26,2107
	R2	,36682	4,52273	1,000	-15,4847	16,2183
	R3	-2,45946	4,52273	1,000	-18,3110	13,3921
	R4	-6,40276	4,52273	,976	-22,2543	9,4488
	C1	13,69075	4,52273	,159	-2,1608	29,5423
	C2	7,63532	4,52273	,911	-8,2162	23,4868
	C3	-,82833	4,52273	1,000	-16,6798	15,0232
	C4	-6,88108	4,52273	,958	-22,7326	8,9704

*. La différence moyenne est significative au niveau 0.05.

Annexe 2. Photographies



Photo 1. Dispositif de test répulsif des extraits sur les larves mobiles de la cochenille blanche. (Babaousmail, 2019)



Photo 2.. Dégâts causés par *Tuta absoluta* sur la tomate sous serre à la région de M'néa Ghardaia. (Babaousmail, 2019)



Photo 3. Dispositif de test comportemental des extraits vis-à-vis les adultes de *Tuta absoluta* (Babaousmail, 2019)



Photo 4. Comptage des œufs pondus sur la plante de tomate à la fin du test comportemental (test anti oviposition) (Babaousmail, 2019)



Photo 5. Placement de trois œufs par feuil avant la pulvérisation (test ovicide).
(Babaousmail, 2019)



Photo 6. Ecllosion des œufs chez les feuilles témoins (Babaousmail, 2019)



Photo 7. Œufs non- éclos chez les feuilles traitées par Harmel *Peganum harmala*.
(Babaousmail, 2019)

Efficacité des extraits de quelques plantes spontanées issues de la région du M'zab dans la lutte biologique contre la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* et la mineuse de la tomate *Tuta absoluta*

Résumé

Un nombre considérable des recherches publiées sur les biopesticides d'origine végétale au cours des 20 dernières années par les pays d'Afrique du Nord ont été analysées. On a remarqué que la majorité de ces études ont porté sur les coléoptères en raison des dégâts économiques importants qu'ils causent aux denrées stockées. Le plus grand nombre de publications provenait d'Égypte, suivi de la Tunisie, l'Algérie et le Maroc. Un tableau résumant ces études est fourni pour permettre un accès facile à cette littérature à l'usage des chercheurs et des professionnels intéressés par les insecticides botaniques.

Au sein de notre étude expérimentale, nous avons sélectionné trois plantes spontanées du désert algérien à savoir du Ricin *Ricinus communis*, El harmel *Peganum harmala* et la coloquinte *Citrillus colocynthis*. Le criblage phytochimique de ces plantes a indiqué leur richesse et diversité en composés phytochimiques. À l'exception des Terpenoïdes, les Tanins, les Alcaloïdes, les Flavonoïdes et les Saponines ont été détectés chez les trois plantes.

Des bio essais ont été menés afin d'évaluer les effets larvicide et répulsif de ces extraits contre les larves de la cochenille blanche du palmier dattier *Parlatoria blanchardi*. Les résultats ont montré un effet larvicide très intéressant, même à des concentrations les plus faibles testées, le taux de mortalité des larves dépasse les 65%. Nos résultats démontrent pour la première fois la possibilité de repousser les larves de cochenilles par l'utilisation des extraits des plantes.

En ce qui concerne la mineuse de tomate *Tuta absoluta*. Des tests ont été menés sur la toxicité des extraits vis-à-vis les œufs et la relation entre les extraits et le comportement des adultes. La pulvérisation des plants de tomates par nos extraits n'engendre aucun effet répulsif sur les adultes ni sur le comportement des femelles adultes sur la ponte des œufs. Un effet ovicide très élevé a été remarqué notamment sur les lots traités par l'extrait de *P. harmala* où le taux des œufs non-éclos a dépassé les 83% chez toutes les concentrations testées.

Mots clés: Extraits de plantes, cochenille blanche, mineuse de la tomate, palmier dattier, lutte biologique.

Efficacy of extracts of some spontaneous plants harvested from the Mزاب region in the biological control against the white scale insect *Parlatoria blanchardi* and the tomato leafminer *Tuta absoluta*.

Abstract:

A considerable number of researches on botanical insecticides published in the last 20 years by North African countries have been analyzed. We noticed that the majority of these studies have focused on coleopteran pests owing to the important economical damage they cause in stored products. The greatest number of publications was from Egypt followed by Tunisia, Algeria and Morocco. A table summarizing these studies is provided to allow easy access to this body of literature for use by researchers and professionals interested in botanical insecticides.

In our experimental study, we selected three spontaneous plants from the Algerian desert: Castor bean *Ricinus comunis*, El harmel *Peganum harmala* and *Citrillus colocynthis*. Phytochemical screening of these plants indicated their richness and diversity in phytochemicals. Except Terpenoides; Tannins, Alkaloids, Flavonoids and Saponins were detected in all three plants.

Bioassays were conducted to evaluate the larvicidal and repellent effects of these extracts against white scale larvae of the date palm, *Parlatoria blanchardi*. The results showed a very interesting larvicidal effect, even at the lowest concentrations tested; the larval mortality rate exceeds 65%. Our results demonstrate for the first time the possibility of repelling the date palm scale nymphs through the use of plant extracts.

Regarding the tomato leafminer *Tuta absoluta*, bioassays were conducted on the toxicity of extracts towards eggs and the relationship between extracts and the behavior of adults. Spraying the tomato plants by our extracts does not cause any repellent effect on adults nor on the behavior of egg-laying. A very high ovicidal effect was noted especially on the batches treated with *P. harmala* extract where the rate of unhatched eggs exceeded 83% in all the concentrations tested.

Key words: Plants extracts, white scale, tomato leafminer, date palm, biological control.

فاعلية مستخلصات بعض النباتات البرية المنتقاة من منطقة مزاب في مكافحة البيولوجية لحشرة القشريات

البيضاء *Parlatoria blanchardi* وحفارة أوراق الطماطم *Tuta absoluta*

ملخص:

تم تحليل عدد معتبر من الأبحاث حول المبيدات الحشرية النباتية التي نشرت في العشرين سنة الماضية من طرف بلدان شمال إفريقيا. لقد لاحظنا أن غالبية هذه الدراسات قد ركزت على الآفات غمدية الأجنحة بسبب الأضرار الاقتصادية الهامة التي تسببها في المنتجات المخزنة. البلد الأكثر نشرًا لهذه البحوث هي مصر تليها تونس والجزائر والمغرب. تم إنشاء جدول يلخص هذه الدراسات لغرض تسهيل الوصول إلى هذه المعلومات لفائدة الباحثين والمهنيين المهتمين بالمبيدات الحشرية النباتية.

في دراستنا التجريبية، اخترنا ثلاثة نباتات برية من الصحراء الجزائرية: الخروع *Ricinus* و الحمرل *Peganum harmala* و الحنضل *Citrillus colocynthis*. أشار الفحص الكيميائي النباتي لهذه النباتات إلى ثرائها وتنوعها من حيث المواد الكيميائية النباتية. حيث أنه باستثناء *Terpenoides* ، تم إيجاد *Alkaloides* ، *Flavonoids* و *Saponins* في جميع النباتات الثلاثة.

كما أجريت تجارب لتقييم الآثار السامة لمستخلصات هذه النباتات ضد يرقات القشريات البيضاء لنخيل التمر، *Parlatoria blanchardi*. أظهرت النتائج تأثيرًا هامًا جدًا ضد اليرقات ، حتى في أقل التراكيز التي تم اختبارها حيث تجاوز معدل وفيات اليرقات 65%. توضح نتائجنا لأول مرة إمكانية طرد اليرقات من خلال استخدام المستخلصات النباتية.

فيما يتعلق بحفارة أوراق الطماطم *Tuta absoluta* . أجريت اختبارات لسمية المستخلصات على بيض الحشرة بالإضافة إلى اختبار تأثير المستخلصات على سلوك الحشرات في طور البلوغ. لا يؤدي رش نباتات الطماطم بواسطة مستخلصاتنا النباتية إلى أي تأثير طارد للحشرة ولا على سلوك الإناث البالغات على وضع البيض. ولوحظ وجود تأثير مضاد للبيض مرتفع للغاية خاصة على التي تم علاجها باستخدام مستخلص نبات الحنضل *P. harmala* حيث تجاوز معدل البيض الذي لم يفقس 83% في جميع التراكيز التي تم اختبارها.

الكلمات المفتاحية: مستخلصات نباتية ، قشريات بيضاء، حفارة أوراق الطماطم، نخيل التمر، مكافحة حيوية.

