

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 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : science de la nature et de la vie

Filière : Sciences biologiques

Département : Biologie

Spécialité : Biologie Moléculaire et Cellulaire

Thème

Evaluation de l'activité insecticide de *Ricinus communis*
chez un insecte à intérêt médical *Blattella germanica*.

Présenté par :

Gouaidia Seyf Allah

Boudeguig Bilel

Devant les membres de jury :

Mr. Baali S.	(M.A.A)	Président	Université de Guelma
Mme. Hami M.	(M.C.B)	Examinatrice	Université de Guelma
Mme. Messiad R.	(M.C.B)	Promotrice	Université de Guelma

Année universitaire : 2019/2020.

Remerciements

Nous remercions tout d'abord Allāh tout puissant pour nous avoir donné la force, la volonté et le courage d'aller jusqu'au bout du rêve de mener à bien ce modeste travail.

Nos brefs remerciements vont en premier lieu à monsieur Baali d'avoir accepté de présider ce jury et madame le docteur Hami d'avoir accepté d'examiner ce présent travail.

Nos sincères remerciements, et notre profonde gratitude à Madame le docteur Messiad. Qui fut pour nous une promotrice de thèse attentif et disponible malgré ses nombreuses charges. Sa compétence, sa rigueur scientifique et sa clairvoyance nous ont beaucoup appris. Cher encadreur, permettez-nous de vous renouveler l'expression de notre vive reconnaissance et de notre profond respect.

Nos vifs remerciements sont également pour les membres de jury de nous avoir fait l'honneur de juger ce travail. On leurs témoignent nos sentiments de respect, pour leurs remarques précieuses.

Nos remerciements vont également à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, depuis le début de notre premier cycle d'études jusqu'à la fin de la cinquième année universitaire.

Nos Profonds remerciements vont également à la responsable de laboratoire de botanique M^{lle} Louiza pour son aide et sa gentillesse tout au long de notre stage. Qui a toujours veillé à ce que on dispose de bonne condition de travail. Nos miséricordes vont également à notre promotion de biologie moléculaire et cellulaire.

Finalement, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos familles qui nous ont toujours soutenu, et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Merci...

Dédicace

A Mes Très chers Parents

Je dédie ce mémoire de fin d'étude à mes parents, pour l'amour qu'ils m'ont toujours donné, leurs encouragements et toute l'aide qu'ils m'ont apporté durant mes études.

Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération, et mon amour pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon bien-être.

Chère mère et cher père, dans ce modeste travail, le fruit de tant de dévouements et de sacrifices consenti, ainsi mon infini expression de gratitude et amour.

Puisse Dieu leur accorder santé, bonheur, prospérité et longue vie afin que je puisse un jour combler de joie leurs vieux jours.

A Mon Frère et ma Sœur

Je leur dédie ce travail pour tous les sacrifices qu'ils n'ont cessé de m'apporter tout au long de mes années d'études. Que Dieu leur apporte le bonheur, les aide à réaliser tous leurs vœux et leur offre un avenir plein de succès.

A Mes Amis

Nulle dédicace ne pourrait exprimer ma profonde affection et mon immense gratitude pour tous les encouragements et soutiens qu'ils ont consentis à mon égard.

A Notre encadreur

Je dédie ce travail à Madame MESSIAD, dont la disponibilité, le savoir-faire et le soutien ne nous ont jamais fait défaut.

Bilal

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

Aux deux êtres, les plus chers au monde, ma mère et mon père qui m'ont élevé et soutenu tout ou long de ma vie.

A ma chère grande mère et ma belle tante.

*A mes chers sœurs **Meriem** et **Amira**., merci infiniment pour tous ce que vous avez fait pour moi.*

*A mes amies **Youcef** et **Fares**.*

A tous ceux qui m'aiment, ceux que j'aime, ce qui m'ont aidé de près ou de loin et également à tous ceux qui m'ont encouragé et soutenu pour arriver jusqu'ici.

*Je dédie ce travail à Madame **Messiad**, Qu'elle trouve ici l'expression de nos fortes reconnaissances, pour les conseils, le soutien et l'engagement qu'elle nous a prodigué au cours de la réalisation de ce travail. Dont la disponibilité, le savoir-faire et le soutien ne nous ont jamais fait défaut*

Seyf Allah

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale

1^{ere} Partie I : Revue bibliographique

<i>Chapitre I : Etude ethnobotanique de Ricinus communis L.....</i>	<i>1</i>
<i>I. Présentation et description de l'espèce.....</i>	<i>1</i>
<i>I -Présentation et description de l'espèce.....</i>	<i>1</i>
<i>I. Présentation et description de l'espèce.....</i>	<i>1</i>
<i>I.1. Taxonomie du ricin.....</i>	<i>1</i>
<i>I.2. Nomenclature de Ricinus communis.....</i>	<i>1</i>
<i>I.3. Généralité sur le genre Ricinus.....</i>	<i>1</i>
<i>I.4. Systématique de Ricinus communis L.....</i>	<i>3</i>
<i>I.5. Description botanique du taxon.....</i>	<i>3</i>
<i>I-5-1- La floraison.....</i>	<i>4</i>
<i>I-5-2- Les fruits et les graines.....</i>	<i>4</i>
<i>I-6 Distribution biogéographique de l'espèce.....</i>	<i>7</i>
<i>I-6-1- Propagation et répartition.....</i>	<i>7</i>
<i>I-6-1-1-Répartition mondiale.....</i>	<i>7</i>
<i>I.6.1.2. Répartition en Algérie.....</i>	<i>8</i>
<i>I.7. Conditions édaphoclimatiques.....</i>	<i>8</i>
<i>I.7.1. Exigences climatiques.....</i>	<i>8</i>
<i>I.7.2. Exigences édaphiques.....</i>	<i>8</i>
<i>I.8. La phénologie.....</i>	<i>8</i>
<i>I.9 Utilisation du ricin.....</i>	<i>9</i>
<i>I.9.1. Utilisations traditionnelles.....</i>	<i>9</i>
<i>I.9.2. Utilisations médicinales.....</i>	<i>10</i>
<i>I.9.3. Utilisations industrielles.....</i>	<i>11</i>
<i>I.10. Caractéristiques phytochimiques de R. communis.....</i>	<i>11</i>
<i>I.10.1. Propriétés physico-chimiques.....</i>	<i>12</i>

I.11. Toxicité.....	15
I.11. Mécanisme de toxicité.....	15
I.12. Lutte biologique et activité bioinsecticide.....	17
I.12. Activité insecticide.....	17
Chapitre II : Présentation de <i>Blattella germanica</i>.....	19
II.1. Introduction.....	19
II.2. Origine et répartition géographique de <i>Blattella germanica</i>	19
II.2.1. Répartition géographique de <i>Blattella germanica</i> en Algérie.	20
II.3. Taxonomie de <i>Blattella germanica</i>	21
II.4. Description de <i>Blattella germanica</i>	22
II.5. Cycle biologique.	24
II.6. Méthodes de lutte.	27
II.6.1. Lutte chimique.	27
II.6.2. Lutte biologique.....	28
2^{ème} Partie : Partie expérimentale	
Chapitre III : Matériel et méthode.	32
IV. Résultats.....	38
Discussion.	47
Conclusion et perspectives.	50
Résumé :	51
Summary:.....	52
ملخص.....	53
Références bibliographiques.....	54
Annexes	77

Liste des figures

FIGURE	TITRE	PAGE
Figure 01	<i>Ricinus communis</i> en période de maturation. (A: exemple d'inflorescences du Ricin, B : les graines à la fin de la période de végétation (brun-rouge), C : développement des capsules vertes qui contient des graines. D : les feuilles (grandes feuilles palmées).	02
Figure 02	Types des feuilles de <i>Ricinus communis</i>	04
Figure 03	Inflorescence chez le ricin ; Fleurs femelles apicales et fleurs mâle basales (Prat <i>et al.</i> , 2005 ; Ghnimi, 2018).	05
Figure 04	Structure du fruit triloculaire (Prat <i>et al.</i> , 2005).	06
Figure 05	Graine avec sa caroncule au sommet (Van-Welzen, 2001).	07
Figure 06	Structure d'huile de ricin (Cangemi <i>et al.</i> , 2008).	13
Figure 07	Structure de ricin (Montfort <i>et al.</i> , 1987).	14
Figure 08	La structure chimique de ricinine (Anete <i>et al.</i> , 1999).	15
Figure 09	Schéma de la structure de la ricine et de ses sites de fixation.	16
Figure 10	Schéma du transfert intracellulaire de la ricine vers ses sites d'action, les Ribosomes (Franke <i>et al.</i> , 2019).	17
Figure 11	Carte résumant les premiers signalements de <i>B. germanica</i> autour du monde (Tang <i>et al.</i> , 2019).	20
Figure 12	Vue dorsale et ventrale d'un adulte mâle de <i>B. germanica</i> .	23
Figure 13	Adultes de <i>B. germanica</i> , A : Femelle vue dorsale, B : Femelle vue ventrale, C : Adulte nouvellement exuvie (X4)	23
Figure 14	Cycle de vie de <i>B. germanica</i> (Cornwell, 1968).	25
Figure 15	Morphologie des différents stades de <i>B. germanica</i> (X 6,8) d'après (Hutchinson, 1999) (D: Oothèque, C1 à C5: Stades larvaires, A: Mâle adulte, B: Femelle adulte).	26
Figure 16	Quelques modèles de piège. (a): Piège mécanique élaboré contenant un aliment attractif. (b): Papier gluant recouvert de blattes prises au piège: le piège contient un produit chimique attractif. (c): Piège Constitué d'un	31

	simple bocal garni de raisins secs comme appât: une feuille de papier facilite l'entrée des blattes.	
Figure 17	Lieu de collection de blattes dans les bâtiments.	33
Figure 18	Piège pour capter des cafards (A : piège de bouteilles en plastique, B : cartons pliés).	34
Figure 19	Elevage de <i>B. germanica</i> en Laboratoire.	34
Figure 20	Toxicité de <i>Ricinus communis</i> (μg /insecte) administré par ingestion à l'émergence des adultes de <i>B. germanica</i> après 08 heures de traitement : classement des doses ($m \pm s$; les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes $p > 0,05$).	39
Figure 21	Toxicité de <i>Ricinus communis</i> (μg /insecte) administré par ingestion à l'émergence des adultes de <i>B. germanica</i> après 16 heures de traitement : classement des doses ($m \pm s$; les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes $p > 0,05$).	40
Figure 22	Toxicité de <i>Ricinus communis</i> (μg /insecte) administré par ingestion à l'émergence des adultes de <i>B. germanica</i> après 24 heures de traitement : classement des doses ($m \pm s$; les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes $p > 0,05$).	42
Figure 23	Toxicité de <i>Ricinus communis</i> (μg /insecte) administré par ingestion à l'émergence des adultes de <i>B. germanica</i> après 32 heures de traitement : classement des doses ($m \pm s$; les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes $p > 0,05$).	43

Liste des tableaux

TABLEAU	TITRE	PAGE
Tableau N°01	Propriétés physiques d'huile de ricin brut (Akpan <i>et al.</i> , 2006).	12
Tableau N°02	Propriétés chimiques d'huile de ricin brut (Akpan <i>et al.</i> , 2006).	12
Tableau N°03	Toxicité de <i>Ricinus communis</i> (μg /insecte) après 08 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> : détermination des doses létales DL50 et DL90 μg /insecte et leurs intervalles de confiance (IC à 95 %).	39
Tableau N°04	Toxicité de <i>Ricinus communis</i> (μg /insecte) après 16 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> : détermination des doses létales DL50 et DL90 μg /insecte et leurs intervalles de confiance (IC à 95 %).	41
Tableau N°05	Toxicité de <i>Ricinus communis</i> (μg /insecte) après 24 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> : détermination des doses létales DL50 et DL90 μg /insecte et leurs intervalles de confiance (IC à 95 %).	42
Tableau N°06	Toxicité de <i>Ricinus communis</i> (μg /insecte) après 32 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> : détermination des doses létales DL50 et DL90 μg /insecte et leurs intervalles de confiance (IC à 95 %).	44
Tableau N°07	Toxicité de <i>Ricinus communis</i> après traitement à 50 μg /insecte par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> : détermination des TL50 et TL90 (jours) et leur intervalle de confiance (IC à 95 %).	44

Tableau N°08	Toxicité de <i>Ricinus communis</i> après traitement à 100 µg/insecte par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> : détermination des TL50 et TL90 (jours) et leur intervalle de confiance (IC à 95 %).	45
Tableau N°09	Toxicité de <i>Ricinus communis</i> après traitement à 200 µg/insecte par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> : détermination des TL50 et TL90 (jours) et leur intervalle de confiance (IC à 95 %).	45
Tableau N°10	Toxicité de <i>Ricinus communis</i> après traitement à 400 µg/insecte par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de <i>B. germanica</i> : détermination des TL50 et TL90 (jours) et leur intervalle de confiance (IC à 95 %).	46

Liste des abréviations

Liste des abréviations

% : Pourcentage.

°C : Degré Celsius.

µg : microgramme.

mg : milligramme

g : gramme.

h : Heure.

B. germanica : *Blattella germanica*

JH : Hormone juvénile

L1 : premier stade larvaire.

L2 : deuxième stade larvaire.

L3 : troisième stade larvaire.

L4 : quatrième stade larvaire.

R. communis : *Ricinus communis*

DNV : densovirus.

BgDNV : le densovirus de *B. germanica*

PfDNV : le densovirus de *Periplanetta americana*.

CL50 : concentration létale qui tue 50% de la population.

CL90 : concentration létale qui tue 90% de la population.

DL50 : dose létale qui tue 50% de la population.

DL90 : dose létale qui tue 90% de la population.

TL50 : temps létal au bout duquel on pourrait avoir une mortalité de 50 % de population

TL90 : temps létal au bout duquel on pourrait avoir une mortalité de 90% de population

EC50 : Concentration Effective à 50%

F.A.O : Food and Agriculture Organization.

Log : Logarithme

M : Moyenne.

m ± s : Moyenne ± Écart type

Liste des abréviations

HSD : Honest significative différence

IC : l'intervalle de confiance.

IGDs : Les perturbateurs de croissance des insectes (Insect growth disruptors)

nAChR : Récepteur nicotinique de l'acétylcholine.

OILB : Organisation internationale de lutte biologique

PH : Potentiel hydrogène

Introduction générale

Introduction générale.

Les capacités reproductrices des insectes, souvent impressionnantes, leur ont permis de devenir le groupe zoologique le plus abondant et le plus varié du règne animal. Afin de s'adapter à leur environnement, les insectes ont développé plusieurs stratégies comportementales et physiologiques. Avec un million d'espèces dénombrées, les insectes jouent un rôle considérable dans l'équilibre biologique de la nature. L'homme les qualifie d'espèces utiles (Abeilles) ou ravageurs aux cultures (Crickets), forêts (Chenilles) ou encore nuisible à la santé, comme les moustiques ou les Blattes (Ebeling, 1978). Les Blattes, appartenant à l'ordre des dictyoptères et appelées également cancrelats ou cafards, sont à l'image de ces adaptations. En effet, cet arthropode dépourvu d'ailes est apparu à l'époque silurienne (Elie, 1998) âge de chaleur torride et d'humidité étouffante. Cette persistance à travers les siècles, le cafard la doit tout d'abord, à sa remarquable facilité d'adaptation alimentaire car omnivore, il s'accommode à tous les régimes (Gordan, 1996).

Par ailleurs, les Blattes se caractérisent par une photophobie et un important pouvoir de fécondité (Hasche & Zumofen, 1999). Parmi les 4000 espèces recensées à ce jour, seule une vingtaine sont inféodées à l'homme et considérées comme nuisibles car ils posent de sérieux problèmes de santé (Peterson & Shurdut 1999, kramer & brenner 2009). Les espèces les plus courantes, qui sont adaptées aux conditions de vie urbaine et qualifiées de domestiques (Garfield, 1990) ; sont *Periplaneta americana* (Cornwell, 1968), *Blattella orientalis* (Cornwell, 1976), *Supella longipalpa* (Gordon, 1968) et *Blattella germanica* (Guillaumin *et al.*, 1969).

En effet les Blattes sont susceptibles de transporter des agents pathogènes pour l'homme (Rivault *et al.*, 1993 ; yang *et al.*, 2019) et constituent ainsi un important problème en terme d'hygiène et de santé publique (Davari *et al.*, 2017, Nasirian, 2017 ; Nasirian & Salehzadeh 2019). Les Blattes se trouvent souvent à l'origine d'allergies (Rust *et al.*, 1995) et leur présence peut déclencher des crises d'asthme (Stankus, 1990 ; Hasche & Zumofen, 1999 ; Patel & Meher 2016 ; Pomés *et al.*, 2017) et transmettre aussi des maladies infectieuses comme l'hépatite (Lai *et al.*, 2017 ; Turturice *et al.*, 2017), le choléra (Wannigama *et al.*, 2013 ; Kassiri *et al.*, 2018) et la tuberculose (Gordan, 1996). La Blatte germanique est l'espèce la plus répandue sur la planète et aujourd'hui, encore, elle continue à étendre son aire de distribution ; elle est responsable de 90% des infestations rapportées (Elie, 1998).

La lutte intégrée contre les Blattes, et spécialement *B. germanica*, a longtemps été représentée par l'utilisation des insecticides conventionnels (Organochlorés, organophosphorés, carbamates et pyréthrinoïdes). Néanmoins, leur utilisation prolongée, leur non spécificité ainsi que leur rémanence, ont provoqué d'énormes altérations dans l'environnement (Kristensen *et al.*, 2005 ; Sawczyn *et al.*, 2012 ; Wu & Appel, 2017 ; Yang *et al.*, 2019), mais également l'apparition de phénomènes de résistance chez les organismes visés (Hemingway *et al.*, 1993 ; Kristensen *et al.*, 2005 ; Rahayu *et al.*, 2016 ; Naqqash *et al.* 2016 ; Liang *et al.*, 2017, Wu & Appel 2017). Ainsi, et suite à l'intérêt progressif pour la protection de l'environnement, il est devenu important de proposer de nouvelles molécules qui préservent les écosystèmes (Kristensen *et al.*, 2005 ; Swanton *et al.*, 2011).

Le phénomène de résistance chez les Blattes et notamment *B. germanica* représente un énorme problème dans le contrôle de ce fléau (Kristensen *et al.*, 2005). En conséquence, la recherche de méthodes alternatives de lutte et le développement de molécules efficaces, moins harmonieux de l'environnement et pouvant annihiler ce fléau ont donné naissance à des composés plus sélectifs. Ces composés naturels et ou de synthèse sont les perturbateurs de croissance des insectes (IGDs) (Dhadialla *et al.*, 2005) et les phéromones (Hauptman *et al.*, 1986). Ils agissent sur des éléments vitaux en inhibant en effet, la régulation des deux principales hormones (l'hormone juvénile et les écdystéroïdes) qui contrôlent la croissance, la reproduction et le processus de mue (Dhadialla *et al.*, 2005). Ainsi, Le retour encore, vers d'anciens composés efficaces, avec un nouveau mode d'action et un profil écotoxicologique, préservant l'environnement, tel que l'acide borique retrouve également la recrudescence de remplacement (Habes *et al.*, 2006 ; Habes *et al.*, 2013). Par ailleurs, la biotechnologie a donné naissance aux insecticides d'origine végétale, à action neurotoxique agissent via les récepteurs de l'acétylcholine nicotinyne (nAChR), sur le système nerveux central et périphérique des insectes (Salgado & Saar, 2004 ; Casida, 2018 ; Wang *et al.*, 2020 ; Zuo *et al.*, 2020).

En effet, les recherches de pesticides à l'heure actuelle s'orientent vers des plantes comestibles toxiques (Newman & Cragg, 2012 ; Campos *et al.*, 2018). Dans des travaux encore plus récents, les propriétés insecticides de certaines plantes ont été testées chez plusieurs insectes nuisibles. Ainsi, des travaux antérieurs ont montré l'utilisation des extraits de plantes, comme les huiles tel que l'huile de *Eucalyptus salyptus saligna*, l'huile de *Thymus vulgarise*, *Cupressus sempervirents* et l'huile de *neem* extrait de *Azadirachta indica* qui ont un large

spectre d'action sur plusieurs nuisibles (Tapondjou *et al.*, 2005 ; Lopez, 2010 ; Ayinde *et al.*, 2020 ; El Ouali *et al.*, 2013 ; Raga *et al.*, 2020). L'extrait des feuilles ont également fait l'objet de plusieurs travaux, tel que les extraits aqueux de *Datura inoxia L.*, *Cleome arabica L.* (Aouinty *et al.*, 2006 ; Korichi-Almi *et al.*, 2016 ; Goyal *et al.*, 2019 ; Habbachi *et al.*, 2020) ; ou encore les grains des plantes de *Vicia faba*, *Phaseolus vulgaris*, *Glycine max* et *Momordica charantia* (Macedo *et al.*, 2015 ; Mantzoukas *et al.*, 2020 ; Madhiyazhagan *et al.*, 2020).

Parmi ces plantes toxiques le *Ricinus communis*, appartient à la famille des *Euphorbiacées*. Elle est originaire d'Afrique tropicale (Harvey, 1947 ; Maroyi, 2007 ; Rana *et al.*, 2012). Il se trouve un peu partout dans le monde, particulièrement dans les zones tropicales et subtropicales (Knight, 1894 ; Olsnes, 2004 ; Abdelaziz *et al.*, 2014), où la plante trouve les conditions les plus favorables à son développement (Ivan, 1998). En Algérie est appelée "Kharouaa" (Hammiche *et al.* 2013 ; ; Belharrane-Boumaza, 2014). Toutes les parties de la plante sont toxiques, mais ce sont les fruits qui sont le plus souvent responsables d'intoxication surtout en période de maturation des graines due à la présence des glycoprotéines hautement toxique (la ricine, la ricinine et les flavonoïdes) (Ogunniyi, 2006 ; Belharrane- Boumaza, 2014 ; Benrezig-Mahdjouba, 2016 ; Ghnimi, 2018 ; López-Ordaz *et al.*, 2018 ; El-Naggar *et al.*, 2019).

Ricinus communis, plante à action neurotoxique (Heinrich & Teoh, 2004 ; Ghnimi, 2018) a été signalés comme ayant un potentiel insecticide contre les différents arthropodes ravageurs (Upasani *et al.*, 2003 ; Rahuman *et al.*, 2008, Elimam *et al.*, 2009 ; Rossi *et al.*, 2010 ; Zahir *et al.*, 2011 ; Ghramh *et al.*, 2019). Des travaux antérieurs ont montrés l'efficacité de cette plante à l'égard de plusieurs insectes résistants présente ainsi un large spectre contre plusieurs insectes nuisibles. En effet l'extrait aqueux des feuilles du ricin a été prouvée dans la lutte contre les larves de moustiques culicidés de *Aedes albopictus* (Culicidae: Dipetra) et *Aedes aegypti L.* (Waris *et al.*, 2020), *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) (Hamaidia & Soltani , 2019). Ce composé est également de plus en plus utilisé pour lutter contre les larves de *Aedes caspius*, *Culiseta longiareolata* et *Anopheles maculipennis* (Diptera : Culicidae) (Aouinty *et al.*, 2017). L'extrait des huiles de *Ricinus communis* possède des propriétés insecticides contre plusieurs insectes nuisibles comme *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera ; Bruchidae) (Sarwar *et al.*, 2019), *Spodoptera frugiperda* (Coleoptera : Curculionidae) (Rossi *et al.*, 2012 ; Phambala *et al.*, 2020) et *Culex quinquefasciatus* (Kehail *et al.*, 2017). Cette huile végétale a donné également un effet toxique très important chez les larves de *Plutella xylostella L.* (Lepidoptera

: Plutellidae) (Upasani *et al.*, 2012 ; Sotondji *et al.*, 2020). Par ailleurs. La toxicité de l'huile de ricin a été confirmée chez les larves de plusieurs espèces coléoptères, *Tribolium castaneum* (Coleoptera : tenebrionidae), *Trogoderma granarium* (Coleoptera : dermestidae) (Naseem *et al.*, 2019) et *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera : Curculionidae) (Abdel-Raheem *et al.*, 2020).

Aussi, des travaux antérieurs ont montrés que l'extrait de graine de *R. communis* a une meilleure activité insecticide que l'extrait de feuille et peut être utilisé comme larvicide efficace contre les arthropodes ravageurs et moustiques (Tounou *et al.*, 2010 ; Ramos-Lopez *et al.*, 2012). De même les grains de ricin contiennent de la ricine, une des molécules de toxines végétales les plus toxiques et les plus faciles à produire dans le monde (Balint, 1974 ; Bradberry *et al.*, 2003 ; Ghnimi, 2018).

Ainsi, une évaluation de l'effet toxique des grains de *Ricinus communis* afin de concilier ce produit à sa qualité d'insecticide, s'avère intéressante chez les différentes espèces à forte capacité de résistance. Dans le cadre de cette présente étude, Le but étant d'aboutir à un dosage de concentration du *R. communis* plus indiqué et subséquentement mieux s'armer pour lutter contre la Blatte la plus communément associée à l'homme, *B. germanica*. Cette espèce, caractérisée par un fort potentiel reproducteur très élevé, sa résistance aux conditions extrême et son intérêt dans le domaine médical, représente un modèle de choix. Aussi, la toxicité de ce composé a été évaluée chez les adultes mâles et femelles de *B. germanica* par ingestion en estimant les doses létales (DL50 et DL90) et les temps létaux (TL50 et TL90).

1^{ere} Partie :
Revue bibliographique
Chapitre I : Etude ethnobotanique de
Ricinus communis L.

Chapitre I : Etude ethnobotanique de *Ricinus communis* L.

I. Présentation et description de l'espèce.

I.1. Taxonomie du ricin.

Ricinus communis est une plante du sous règne des Phanérogames, de l'embranchement *Spermaphyte* (plante à graine), de sous l'embranchement *Angiosperme* (Magnoliophyta : Plantes à fleurs), de la classe des Magnoliopsidae, de sous classe des Rosidae, de l'ordre des Euphorbiales et de la famille des Euphorbiaceae (Anjani, 2005 ; Nguessan *et al.*, 2009). Cette famille compte entre 5000 et 8000 espèces réparties dans environ 300 genres. Le genre *Ricinus* est représenté par une seule espèce : *Ricinus communis* L. (Polvèche, 1996 ; Belharrane-Boumaza, 2014 ; Benrezig-Mahdjouba, 2016 ; Ghnimi, 2018).

I.2. Nomenclature de *Ricinus communis*.

Ricinus communis L. (Armstrong, 1982) est appelée communément en arabe kharouâa (Ghrabi, 2005). Il est également appelé Castor plant, castor oil plant ou Palma Christi en Anglais (Lorenzo & Lynne, 1998 ; Grace, 2007 ; Volkshard & Nogueira, 2007 ; Leo *et al.*, 2009) et ricin en français (Maroyi, 2007). Le nom commun de *R. communis* en Brésil est Carrapateira ou mamoneira (Cristiane *et al.*, 2009), tandis qu'en Mexique est Huiguerilla (Adolfo & Heinrich, 2005). Au Nigeria, selon les régions, le nom commun du ricin est Zurman (en Hausa), Laraa (en Yoruba), Ogilisi (en Igbo), Kpamfini gulu (en Nupe), (Sule & Sani, 2008). Le ricin est connu par le nom de Arand en Pakistan (Qureshi, 2009 ; Cheema, 2012). Cependant en Inde plusieurs appellation selon les régions tel que Erandah, Amudam, Erandi et Arand (Poonam *et al.*, 2008). Le ricin est appelé également kharouâa en Algérie.

I.3. Généralité sur le genre *Ricinus*.

Le nom générique *Ricinus* signifie « tique » en latin : la graine est ainsi nommée parce qu'elle a des marques et une bosse qui la fait ressembler à certaines tiques (Ramprasad & Bandopadhyay, 2010). *Ricinus* ou *Ricinus communis* L. fait partie de la famille des Euphorbiaceae et contient 8100 espèces. Nom de l'espèce, *communis* vient du mot latin commun et signifie simplement « commun ». La plante est le seul représentant du genre *Ricinus*, ce sont des plantes herbacées, des arbustes ou des arbres à grandes feuilles de palmier (Witchard, 1997 ; Paul & Tanigoshi, 1999 ; Malath *et al.*, 2006 ; Ledent & Mairesse, 2008). Les plantes originaires d'Afrique tropicales sont répandues dans le monde entier (Sijelmassi,

1991) et peuvent être développées sous forme d'arbres, qui peuvent être plantés à grande échelle et peuvent atteindre une hauteur de plus de 10 m (Dumeignil, 2012), principalement en Inde, au Brésil et en Chine (Production d'huile de ricin).

L'apparence de cette famille de plantes est très variable et se caractérise essentiellement par du latex blanc irritant la peau, collant et épais avec un fruit à trois loges (Lagnika, 2005 ; Dumeignil, 2012 ; Belharrane-Boumaza, 2014). Selon la variété et la maturité de la plante, les feuilles sont vertes ou rouges Figure 1, avec de longues tiges de palmier et des bords dentelés (Dumeignil, 2012).



Figure 1. *Ricinus communis* en période de maturation (Photo personnel, 2020).

(A : exemple d'inflorescences du Ricin, B : les graines à la fin de la période de végétation (brun-rouge), C : développement des capsules vertes qui contient des graines. D : les feuilles (grandes feuilles palmées).

I.4. Systématique de Ricinus communis L.

La systématique de *Ricinus communis* (Anjani, 2005 ; Aslania *et al.*, 2007 ; N'guessan *et al.*, 2009) est la suite :

Règne : Plantes (Végétal).

Embranchement : Spermaphyte (plante à graine) (Lagnika, 2005)

Sous-embranchement : Angiosperme (Magnoliophyta : Plantes à fleurs)

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Euphorbiales

Famille : Euphorbiaceae

Genre : *Ricinus*

Espèce : *Ricinus Communis* L.

I.5. Description botanique du taxon.

Ricinus Communis, plante cosmopolite est un arbuste à branches ou arbre herbacé ou fistuleux, jusqu'à 7 m et plus, son feuillage est remarquablement beau, parfois cultivé comme plante annuelle très vigoureuse, naturellement pérenne (Kadambi & Dabral, 1955 ; Mário & Espírito, 2007). Les feuilles sont alternes, grandes parfois de plus d'un pied, palmatilobées de 5 à 9 lobes, glabres, vertes glauques, avec une veine médiane de couleur rougeâtre, dentées irrégulièrement, rouge à leur croissance (figure 2), portées par de longs tiges et forts pétioles glanduleux vers leur apicale (García *et al.*, 1999 ; Wan, 2006).



Figure 2. Types des feuilles de *Ricinus communis* (Photo personnelle 2020).

I-5-1- La floraison.

La caractéristique de ricin est l'insertion de fleurs mâles et femelles sur la même inflorescence. Par conséquent, les fleurs mâles de l'étamine sont placées dans la partie inférieure de l'inflorescence, tandis que les fleurs femelles pistil occupent la partie supérieure. C'est donc une espèce monoïque figure 3. La floraison a lieu en été (Shifriss, 1966 ; William *et al.*, 1967 ; Belharrane-Boumaza, 2014).

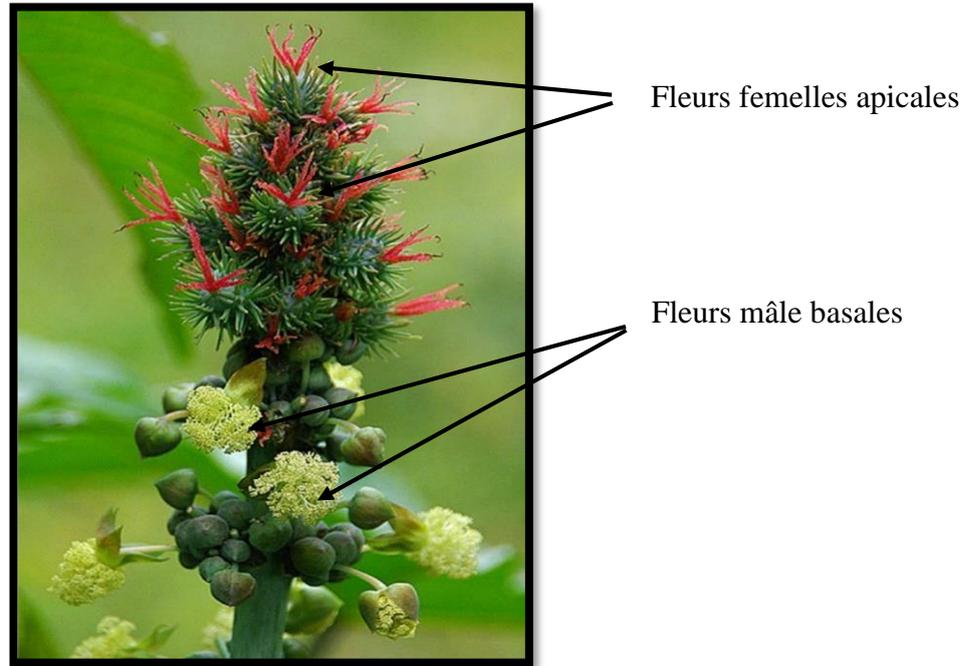


Figure 3. Inflorescence chez le ricin ; Fleurs femelles apicales et fleurs mâle basales (Prat *et al.*, 2005 ; Ghnimi, 2018).

I-5-2- Les fruits et les graines.

Les graines de *Ricinus communis* germent généralement dans les 15 à 21 jours, de 6 mm de profondeur à environ 22 ° C. Les graines doivent être trempées dans de l'eau tiède pendant 24 heures avant d'être semées. (Greenwood *et al.*, 2005 ; Lord & Spooner 2011 ; Lopez *et al.*, 2017).

I-5-2-1- Les fruits.

Les fruits sont des capsules à trois coques (tricoque, composée de 3 lobes) hérissées de pointes (parfois absentes), qui s'ouvre par déhiscence septicide. Les capsules contiennent généralement 3 graines (figure 4), de couleur marron clair, marbrée de rouge ou de brun (Bradberry *et al.*, 2003 ; Belharrane-Boumaza, 2014 ; Benrezig-Mahdjouba, 2016 ; Ghnimi, 2018).

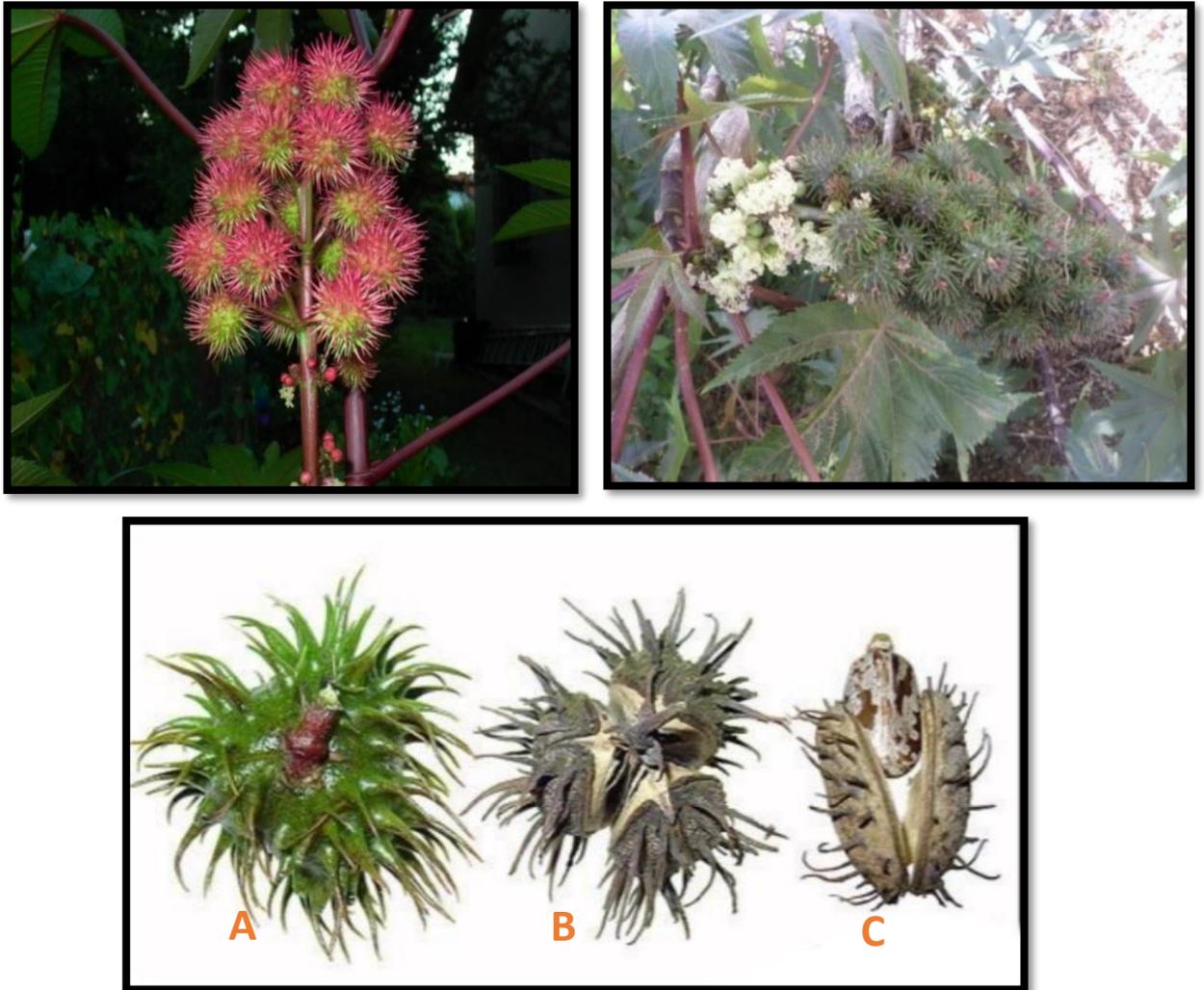


Figure 4. Structure du fruit triloculaire (Prat *et al.*, 2005).

Le fruit est triloculaire, il est formé de trois carpelles soudés, fermés et à placentation axile. Dans chaque loge une seule graine se développe. (A) : L'ouverture est complexe. (B) : les trois carpelles se séparent par trois fentes situées au niveau des cloisons (septum) intercarpellaires (déhiscence septicide) formant trois coques. En (C) : les trois coques séparées s'ouvrent par trois fentes situées au niveau de leur nervure médiane (déhiscence loculicide), ce qui permet la libération des graines.

I-5-2-2- Les graines.

Inclus dans chaque lobe de la peau, presque Haricots de taille moyenne, en forme de poire, ovoïdes, allongés ou plats, marbrés brillants Gris rougeâtre et blanc, elle présente une ligne saillante sur la face ventrale et est surmontée par un caroncule au sommet. A l'intérieur de la graine se trouve une amende oléagineuse qui est très toxique (figure 5). Elle contient entre 40

et 60 % d'huile riche en triglycérides, principalement la ricinoléine (Little & Wadsworth, 1974). C'est à partir des graines qu'on obtient l'huile médicinale bien connue.

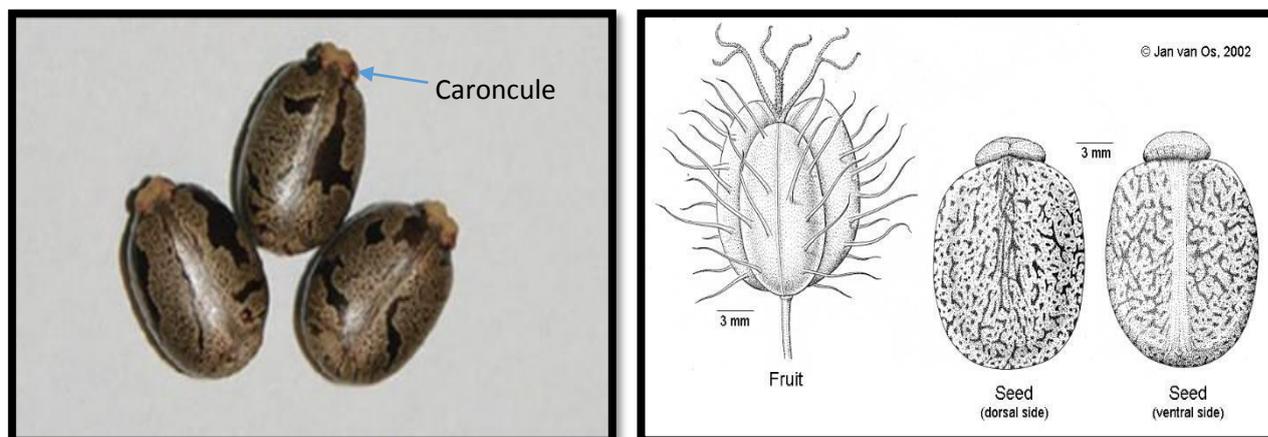


Figure 5. Graine avec sa caroncule au sommet (Van-Welzen, 2001).

La partie souterraine possédant une racine pivotante puissante à racines latérales marquées.

I-6 Distribution biogéographique de l'espèce.

I-6-1- Propagation et répartition.

L'origine du *Ricinus communis* c'est l'Afrique tropicale, et est une plante Plantes ornementales dans diverses régions d'Asie, d'Amérique du Nord, d'Afrique et d'Europe (Aslania *et al.*, 2007). Il est largement cultivé dans la plupart des régions tropicales et subtropicales sèches et dans de nombreuses régions tempérées chaudes en été (Ziyu *et al.*, 1992 ; Cheema *et al.*, 2010 ; Belharrane-Boumaza, 2014 ; Ghnimi, 2018).

I-6-1-1-Répartition mondiale.

L'inde et la chine sont les premiers payés fabricant de ricin (FAO, 2007). Le ricin est largement cultivé dans les régions tropicales chaude et aride (Ziyu *et al.*, 1992). Cette plante est présente dans tout le continent africain de l'Atlantique à la mer Rouge, et du sud de la Méditerranée à l'Afrique du sud, ainsi que dans les îles de l'océan Indien (Maroyi, 2007).

1.6.1.2. Répartition en Algérie.

Le Ricin pousse spontanément en Algérie, en effet il pousse librement dans le lit des oueds du littoral, sur des hauts plateaux et atlas, même au Sahara. Le Ricin est très abondant dans la zone saharienne (Trochain, 2016 ; Belharrane-Boumaza, 2014 ; Ghnimi, 2018).

1.7. Conditions édaphoclimatiques.

1.7.1. Exigences climatiques.

La culture de ricin exige un climat tropical, subtropical, et tempéré entre 40°C nord et 40°C sud (Rousset, 2008). Le ricin nécessite des températures diurnes moyennes entre 20 et 30°C (Ombrello, 2000). L'humidité idéale se trouve autour de 65%, avec une précipitation de 357 à 500 mm de pluies pendant la période végétative, à une altitude entre 300 et 1500 m (Terekina 2009 ; Nweke *et al.*, 2017).

1.7.2. Exigences édaphiques.

Les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol sont dites conditions édaphiques. Le Ricin exige un sol bien drainé, riche en engrais (sols argileux-siliceux), elle demande une bonne topographie, la pente maximale ne doit pas dépasser 12%, et une bonne exposition au soleil. Il lui faut des sols argileux siliceux ou siliceux-argileux profonds. Les sols alluvionnaires sont excellents pour cette plante. Le pH idéal se trouve entre 6 et 7. La production n'est pas bonne dans des sols humides et pauvres. La période du rempotage est au printemps (Rousset *et al.*, 2008 ; Ghnimi, 2018).

1.8. La phénologie.

L'étude des événements périodiques rythmée de la vie des plantes qui se produisent chaque année est appelé phénologie. Le ricin est une plante annuelle ou pérenne (Dai *et al.*, 1992). Les plantules de ricin lèvent entre 15–21 jours après le semis. Le développement de la plante suit le modèle de croissance de Leeuwenberg selon lequel les bourgeons apicaux meurent systématiquement après une poussée de croissance, de sorte que la croissance est sympodiale (Tyagi *et al.*, 2015 ; Lopez *et al.*, 2017).

La période végétative se caractérise par l'augmentation du nombre d'entre-nœuds et par conséquent de l'élongation des rameaux. L'apparition des nouvelles feuilles caractérise cette croissance végétative. La formation successive de branches et d'inflorescences se poursuit tout

au long de la vie de la plante. Le nœud sur lequel naît la première inflorescence est caractéristique des cultivars. Les premières fleurs peuvent s'ouvrir 40–70 jours après le semis. La germination des graines commence par l'imbibition des graines, ce qui conduit à la transition de l'embryon d'un état de quiescence dans une graine sèche à un état de métabolisme hautement actif. Cette étape se termine par un allongement de radicule ou racine embryonnaire (Wang *et al.*, 2011). Cette racine primaire produit des racines latérales. Après l'émergence de la radicule l'hypocotyle s'allonge et se recourbe en crosse et dès qu'il atteint la surface du sol, il se redresse et soulève les cotylédons et la plumule. Les réserves des cotylédons sont utilisées par la nouvelle plante pour sa croissance. Ainsi, la taille des cotylédons diminue progressivement, ils se dessèchent et finissent par tomber (Peter *et al.*, 1999).

Le pollen est surtout émis le matin et la pollinisation s'effectue par le vent. La croissance étant indéterminée, il peut arriver qu'une plante ait des infrutescences à plusieurs stades de développement (Bradberry *et al.*, 2003 ; Severino *et al.*, 2013)

La maturation des fruits à l'intérieur d'une infrutescence est inégal, les fruits situés dans la partie inférieure mûrissant avant ceux situés dans la partie supérieure. En conditions favorables, le ricin a un taux élevé de photosynthèse qui a été attribué à la forte teneur en chlorophylle des feuilles (Severino *et al.*, 2013 ; Ghnimi, 2018).

1.9 Utilisation du ricin.

1.9.1. Utilisations traditionnelles.

Les traces d'utilisation de l'huile de ricin datent des civilisations anciennes égyptiennes et grecques particulièrement pour l'éclairage, mais aussi comme application corporelle (Olsnes *et al.*, 1976 ; Scarpa & Guerci, 1982). Dans la médecine traditionnelle indienne, les feuilles, les racines et l'huile extraite des graines de cette plante ont été employés pour le traitement de l'inflammation et dans des affections du foie (Vijayan *et al.*, 2006 ; Rao *et al.*, 2010)

Les feuilles de ricin sont traditionnellement utilisées pour guérir les angines et les douleurs musculaires (Andrade-Cetto, 2009). Les racines de cette plante sont utiles pour les maladies nerveuses et les affections rhumatismales, la sciatique et la pleurodynie (Nadkarni, 1954). Les feuilles et les racines ont été utilisées également pour le traitement de l'inflammation et les troubles hépatiques, ainsi que pour le traitement du diabète (Scarpa & Guerci, 1982 ; Abdul *et al.*, 2018). Mais encore comme diurétique (L'huile de Ricin stimule les enzymes digestives, appelés lipases, ce qui permet l'accélération de transit) (Capasso *et al.*, 1994 ; Tunaru *et al.*,

2012). Le ricin est considéré également comme agent antibactérien (Ilavarasan *et al.*, 2006). L'huile est utilisée contre les rides, les kystes ou excroissances, les cornes sous les pieds, les douleurs articulaires (douleurs arthritiques, enflures des doigts, raideurs dans le cou, gorge douloureuse), l'irritation de l'œil et les infections auriculaires. De même, l'huile de ricin peut être utilisée comme laxatif (Abu-Irmaileh, 2003). Elle favorise également la pousse des cheveux chez l'enfant (Abdulazim, *et al.*, 1998). L'usage de cette huile en cataplasme est encore utile pour les problèmes liés à la vésicule biliaire et au foie (Visen *et al.*, 1992).

Il a été rapporté en Algérie, que certaines femmes ont pris des graines de ricin plongées dans du sang chaud d'un lapin pour empêcher de tomber enceinte. Aussi, il a été rapporté, qu'il n'y aura aucune grossesse pour au moins 9 mois, si une femme prend une graine après la naissance d'un enfant (Abdulazim *et al.*, 1998).

1.9.2. Utilisations médicinales.

Le ricin est une plante médicinale qui a été utilisée dans le traitement de nombreuses maladies. Ainsi L'extrait de feuilles de *R. communis* a affiché une activité hépatoprotectrice, cholérétique (stimule la sécrétion de la bile) et anticholestatique (antihépatite A) (Hassan *et al.* 2018). Les extraits alcooliques de *R. communis* ont présenté différentes activités antidiabétiques et contraceptive (Scarpa & Guerci, 1982 ; Abdul *et al.*, 2018). Alors que l'extrait méthanoïque montre une activité anti-inflammatoire importante contre des inflammations aiguës et chroniques chez les rats, cet extrait a montré également une importante activité dans le piégeage des radicaux libres par inhibition de la peroxydation lipidique (Ilavarasan *et al.*, 2005).

De plus, des études ont montré que l'extrait du péricarpe, à faible dose, a un effet stimulant sur le système nerveux central de la souris et des propriétés neuroleptiques. Contribuent de ce fait à la consolidation de la mémoire et à la diminution du comportement explorateur, pouvant ainsi être employé pour le traitement des amnésies humaines (Ferraz, *et al.*, 1999). De même, la ricine est utilisée comme immunotoxine pour lutter contre la leucémie (Kreitman & Pastan, 2006). Cette glycoprotéine inhibe la synthèse des protéines, caractéristique et propriété utilisées pour le traitement du cancer et du sida (Déthiollaz, 2003). Par ailleurs, l'épicatéchine diminuerait le risque de contracter quatre des cinq maladies les plus mortelles : l'infarctus, l'insuffisance cardiaque, le cancer et le diabète (Tyagi *et al.*, 2015 ; Polito *et al.*, 2016).

La ricine a un grand potentiel thérapeutique, par exemple, en tant qu'agent anticancéreux, en transplantation de moelle osseuse, ou en recherche cellulaire, et est même explorée dans la

formulation des anticorps dans la thérapie tumorale (Patel *et al.*, 2016), elle peut aussi détruire les cellules cancéreuses sans endommager les cellules saines (Déthiollaz, 2003).

1.9.3. Utilisation industrielle.

L'huile de ricin est largement utilisée comme lubrifiant de haute qualité, offre un certain nombre d'avantages et constitue une matière première, dans différents secteurs industriels (chimique, alimentaire, cosmétique, etc.) (Ogunniyi, 2006 ; Patel *et al.*, 2016 ; Mensah *et al.*, 2018).

Les graines de ricin renferment environ 45 à 60% d'huile (Caupin, 1997 ; Jena & Gupta, 2012) composée essentiellement de l'acide ricinoléique traditionnellement employée en médecine et pour l'éclairage (Maroyi, 2007).

L'huile de ricin déshydratée, est employée dans l'industrie de peinture et de vernis, la fabrication d'un éventail des produits sophistiqués comme les fibres en nylon, lubrifiants de moteur de gicleur, fluides hydrauliques, plastiques, le simlicuir, fabrication d'optique des fibres, prothèses à l'épreuve des balles en verre et d'os et comme antigel pour des carburants et des lubrifiants utilisés dans des fusées d'avion (Severino *et al.*, 2012 ; Mensah *et al.*, 2018).

Au Brésil, dans le domaine énergétique, cette huile est utilisée pour la production de biodiesel (César & Batalha 2010 ; Costa *et al.*, 2013).

Enfin, l'huile de ricin est largement utilisée comme ingrédients dans la fabrication des produits cosmétiques, comme les rouges à lèvres ou les produits de soins capillaires ; comme supplément pour renforcer les cils et accélérer la pousse des cheveux, les crèmes pour les mains et savon de bain ; ou dans les produits de soins des pieds (Patel *et al.*, 2016).

1.10. Caractéristiques phytochimiques de R. communis.

Les analyses phytochimiques des extraits des feuilles ont révélé la présence de flavonoïdes (Kang *et al.*, 1985), des tanins (Khogali *et al.*, 1979) et des composés phénoliques antioxydants extraits à partir des feuilles, dont les principaux sont l'acide gallique, la quercétine, l'acide gentsique, la rutine, l'épicatéchine, et l'acide ellagique (Chen *et al.*, 2008). Pour les extraits des racines, Hall & Medlow (1974) ont confirmé la présence de l'acide indole-3-acétique qui est l'une des auxines (phytohormones responsables de la croissance végétale) les plus connus. Les graines de ricin (*Ricinus communis*), sont des graines oléagineuses importantes, elles contiennent 40 % d'huile, de ricine qui est une toxalbumine (Abdul *et al.*, 2018) et de ricinine (Leshin *et al.*, 2010).

I.10.1. Propriétés physico-chimiques.

I.10.1.1. L'huile de ricin.

L'huile de ricin extraite à partir des graines renferme des acides gras, notamment les acides ricinoléique, palmitique, stéarique, oléique, linoléique, linoléinique et eicosénoïque et acide dihydroxystearique (Scarpa & Guerci, 1982 ; Patel *et al.*, 2016). L'huile est sous forme de liquide visqueux ambre pâle. Avec une couleur jaune pâle de paille ou légèrement jaunâtres (Akpan *et al.*, 2006). Après le raffinage et le blanchissement, il a une odeur distincte, mais elle peut facilement être éliminée dans le processus de raffinage. Selon Akpan *et al.* (2006) les propriétés physico-chimiques sont présentées respectivement dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1 : Propriétés physiques d'huile de ricin brut (Akpan *et al.*, 2006).

Propriété	L'huile de ricin
Densité	0,9587
Viscosité à 28°C	9,42477
Indice de réfraction à 28°C	1,4686
PH	6,11
Couleur	Ambre

Tableau 2 : Propriétés chimiques d'huile de ricin brut (Akpan *et al.*, 2006).

Propriété	L'huile de ricin
Indice d'acide	1,148
Valeur de saponification	185,83
Valeur d'iode	87,72

Comme toutes les autres huiles végétales et animales, l'huile de ricin est un triglycéride (figure 6), qui est chimiquement une molécule de glycérol estérifié avec un acide gras (Barbosa *et al.*, 2010). L'acide ricinoléique c'est l'acide gras principal (Jumat *et al.*, 2010).

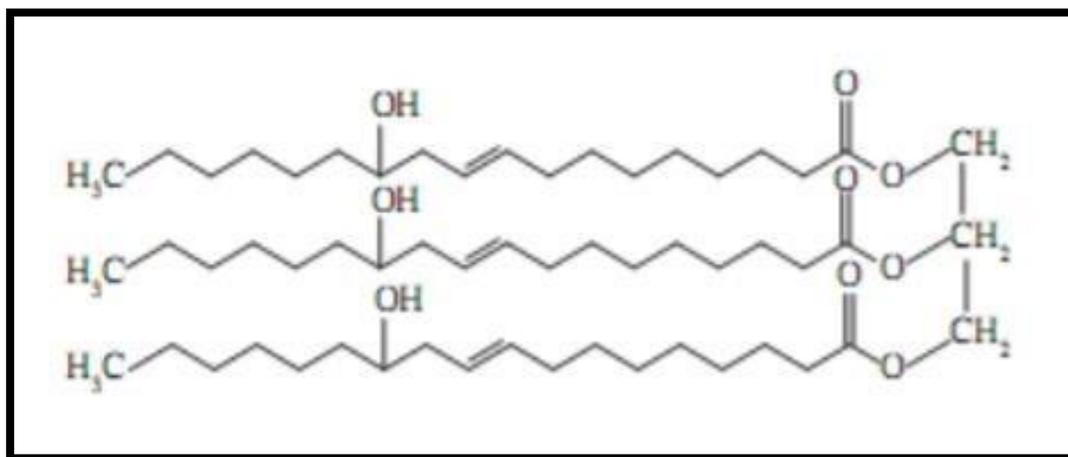


Figure 6. Structure d'huile de ricin (Cangemi *et al.*, 2008).

I.10.1.2. Ricine.

La ricine est une protéine hétérodimérique constituée de 1% à 5% des protéines totales des graines de *Ricinus communis L* (Lord *et al.*, 2003 ; Breton, 2002). Il s'agit d'une glycoprotéine de poids moléculaire élevé, composée de deux peptides, de nature glycoprotéique (Lappi *et al.*, 1978 ; Lord & Spooner 2011 ; Worbs *et al.*, 2011) (Figure 7). La fraction A est une protéine globulaire de 267 acides aminés possédant l'action toxique. Cette fraction A fait partie des RIP I (Ribosome Inactivating Proteins), ensemble de protéines toxiques de séquences très proches. Liée par un pont de disulfure à une fraction B, qui possède 262 acides aminés, fait partie de la famille des lectines, une glycoprotéine ayant une affinité spécifique pour certaines structures osidiques. La fraction B possède deux sites de reconnaissance pour le galactose (Aubry, 2012).

Du point de vue physico-chimique, la ricine est cristallisable, soluble dans l'eau et le chloroforme, mais insoluble dans l'éthanol, inodore et sans saveur (Dumeignil, 2012).

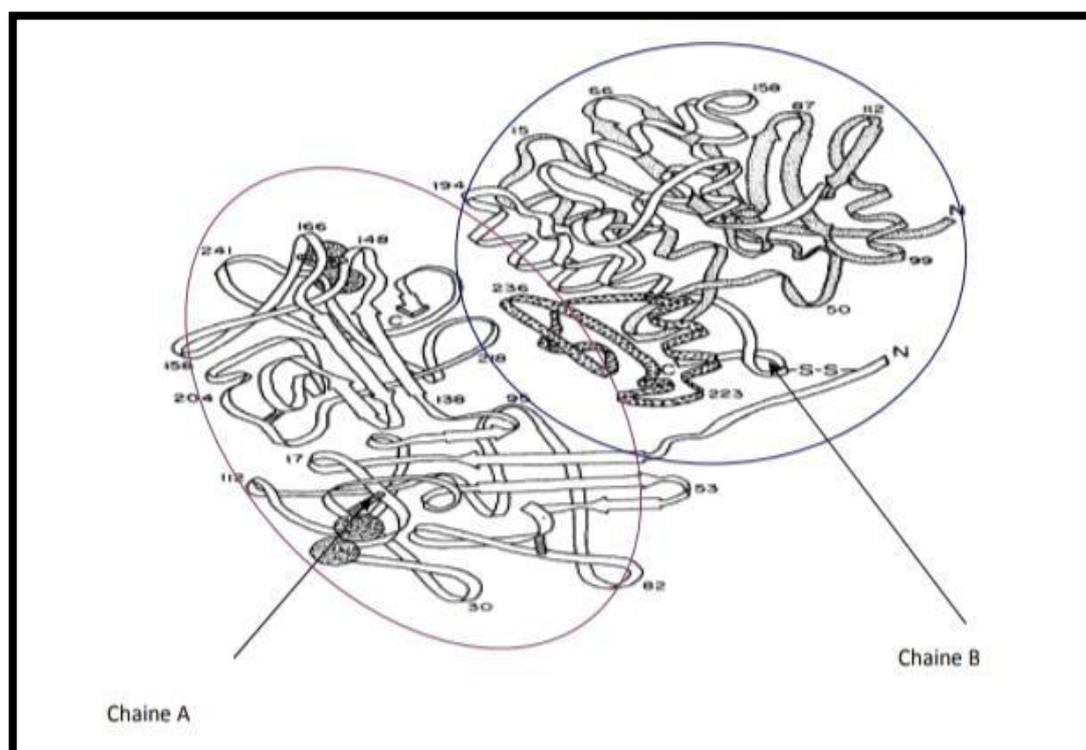


Figure 7. Structure de ricin (Montfort *et al.*, 1987).

1.10.1.3. La ricinine.

La ricinine, de formule chimique $C_8H_8O_2N_2$ (figure 8) est une toxine alcaloïde (poids moléculaire = 164,2 g/mo et point de fusion $201.5^{\circ}C$), appartenant au groupe des alcaloïdes pyridine-carbonitrile (Coopman, 2009). On le trouve en petites quantités dans toutes les parties de la plante, y compris les graines 0.77% (Audi *et al.* 2005 ; Worbs *et al.*, 2011). Contrairement à la ricine, la ricinine ne peut pas être inactivée par un traitement thermique conventionnel en raison de sa résistance à haute température (Worbs *et al.*, 2011). La ricinine peut être coextraite avec la ricine, elle peut être utilisée comme marqueur de substitution pour le suivi des intoxications causées par des extraits de plantes (Darby *et al.*, 2001 ; Lopez *et al.*, 2017 ; Robert-Koch, 2017).

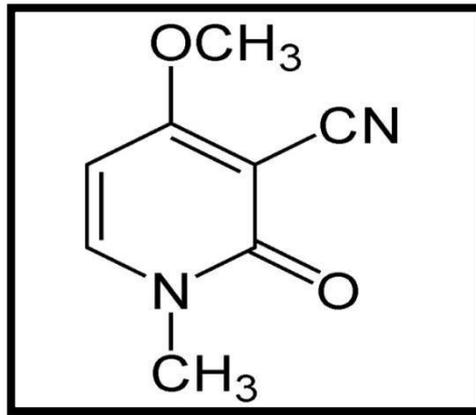


Figure 8. La structure chimique de ricinine (Anete *et al.*, 1999).

1.11. Toxicité.

Toute la plante est entérotoxique. Les graines de ricin sont, potentiellement, toxiques. L'enveloppe de la graine de ricin contient la ricine (Ovenden *et al.*, 2014), en effet l'une des toxines végétales les plus nocives d'origine végétale connue à l'homme (Kopferschmitt *et al.*, 1983 ; Aubry, 2012).

La consommation accidentelle par le bétail ou par les enfants de graines ou de produits contenant de l'huile de ricin peut provoquer des intoxications graves nécessitant impérativement une prise en charge hospitalière. La dose létale par personne chez l'homme, est de 1-20mg/kg (entre 5 à 20 graines) (Roy *et al.*, 2003 ; Payal *et al.*, 2010). La DL50 chez la souris est de 2,7 à 3 µg/kg par injection et 12 µg/kg par inhalation (Bradberry *et al.*, 2003).

1.11.1. Mécanisme de toxicité.

La chaîne B se fixe sur les résidus galactoses ou N- acétylgalactosamines d'une glycoprotéine de la membrane cellulaire (Worbs *et al.*, 2011), Il se forme ensuite, par endocytose, des vésicules ou endosomes contenant la ricine qui vont assurer son transport dans le cytosol (Gage *et al.*, 2011). Dans le cas favorable, celles-ci peuvent retourner à la surface cellulaire et être éliminées, ou elles peuvent être absorbées par des lysosomes et être détruites. Dans l'hypothèse toxique, les organites pénètrent dans le réseau Trans de l'appareil de Golgi, puis la ricine est libérée dans le cytosol où elle exerce son action toxique sur les ribosomes du

système réticulo-endoplasmique par l'intermédiaire de son fragment A (Hartley & Lord 2004 ; Tyagi *et al.*, 2015)

Les ribosomes, composés par l'assemblage de deux sous-unités, sont constitués pour plus de leur moitié d'ARN, jouant un rôle déterminant dans l'activité catalytique, l'autre partie étant composée de protéines (Lord & Spooner 2011). La ricine suit un parcours intracellulaire inverse de celui effectué par les protéines, car celles-ci, après leur synthèse dans le réticulum endoplasmique passent par l'appareil de Golgi et parviennent à la surface cellulaire dans des endosomes pour y être libérées (Lord & Spooner 2011 ; Sandvig *et al.*, 2013 ; Tyagi *et al.*, 2015). L'action toxique de la fraction A de la ricine repose sur ses propriétés catalytiques enzymatiques, elle se fixe et enlève une adénine dans une boucle exposée de l'ARN ribosomal qui joue un rôle fondamental lors de la fixation des facteurs d'élongation (Figure 9). L'adénine cible est dans une séquence spécifique d'ARN de type GAGA (Sandvig *et al.*, 2013). L'élimination de l'adénine inactive directement ou indirectement fragilise la structure des enzymes, de manière irréversible. Cette activité enzymatique est particulièrement efficace car une seule molécule de ricine serait capable de détruire environ 1500 ribosomes à la minute et de tuer ainsi une cellule par blocage de la synthèse protéique (Dumeignil, 2012). Ainsi, l'action toxique se déroule en deux étapes une chaîne du dimère permettant la fixation et l'internalisation cellulaire, puis l'autre chaîne exprime sa toxicité (Brunat *et al.*, 2002) (Figure 10).

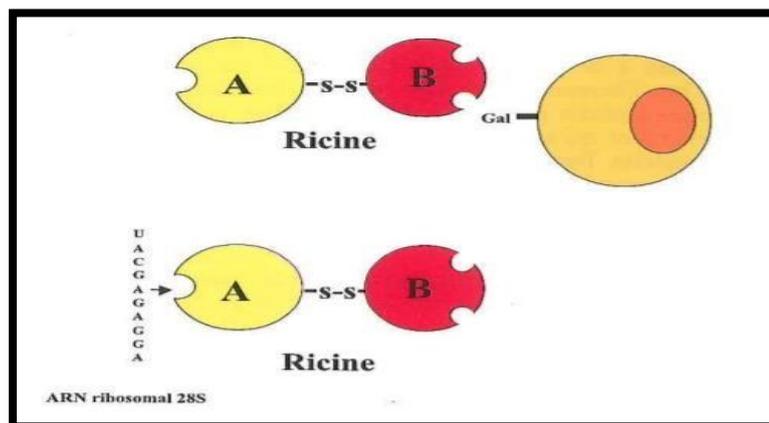


Figure 9. Schéma de la structure de la ricine et de ses sites de fixation.

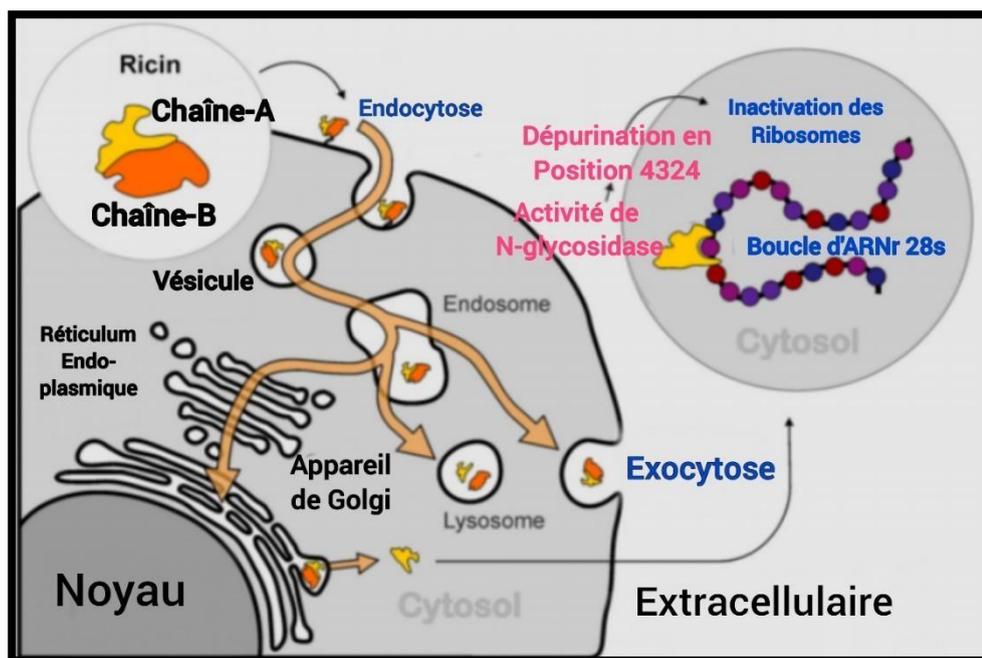


Figure 10. Schéma du transfert intracellulaire de la ricine vers ses sites d'action, les Ribosomes (Franke *et al.*, 2019).

I.12. Lutte biologique et activité bioinsecticide.

I.12.1. Activité insecticide.

R. communis possède des propriétés anti fertilisants, insecticides, larvicides (Ramos-López *et al.*, 2010 ; Zahir *et al.*, 2010). Afin de chercher des biopesticides d'origine végétale, l'effet pesticide de cette plante a été déjà testé sur plusieurs espèces indésirables. Les travaux de Ghnimi *et al.*, (2014) ont démontré que les extraits aqueux de feuilles et de graines du ricin ont une activité larvicide contre *Culex pipiens* L. (moustique), avec une mortalité de 100% après 24 heures d'exposition et des concentrations létales CL50 très faibles. Les extraits aqueux des feuilles du ricin *Ricinus communis* L. constituent des larvicides prometteurs pour la lutte contre les larves de quatre espèces de moustiques culicidés : *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen) (Aouinty *et al.*, 2006).

Sharma *et al.*, (1991) ont montré que le ricin peut être utilisé comme un insecticide efficace, pour lutte contre les termites (fourmis blanches) qui endommagent le bois de

Mongifera indica et *Pinus longifolia*. La ricinine a un effet insecticide pour les fourmis qui se nourrissent des feuilles (*Atta sexdens rubropilosa*). (Cazal *et al.*, 2009).

En effet, selon Tounou *et al.*, (2011) l'huile extraite des graines de *R. communis* s'est avéré très toxique pour lutter contre les larves d'insecte de *Plutella xylostella* (Lepidoptera : Plutellidae), il cause la mortalité de 54 à 71 % de la population et réduit l'oviposition. La ricine, principes actifs de *R. communis* présente également un effet très toxique sur les larves de moustiques de *Spodoptera frugiperda* (Coleoptera : Curculionidae), *Callosobruchus chinensis* (Upasani *et al.*, 2003) et *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera : Curculionidae) (Tinzarra *et al.*, 2006). Plusieurs études ont rapporté les effets toxiques d'huile végétale de *Ricinus communis* dans le contrôle des populations de mouches de *Musca domestica* L. (Diptera Muscidae) (Singh & Kaur, 2016).

Avec ses qualités nutritives *Ricinus communis* possède des propriétés *nématocides* (Ferji *et al.*, 2006)., insecticides et répulsif contre les rongeurs. Bayaso, (2013) a démontré les propriétés antifongiques de l'extrait des feuilles de *R. communis* contre *Alternaria solani* agent responsable de l'alternation de la tomate. Adomako & Kwoseh, (2013) ont démontré le potentiel nématocide *in vitro* de l'extrait de feuilles de *R. communis* contre les nématodes des racines (*Me/oidogyne spp.*) de la tomate.

Ainsi les études menées par Badaró *et al.*, (2019) ont démontré l'activité antibactérienne des extraits des feuilles de *R. communis* sur une large gamme de bactéries Gram+ comme *Streptococcus pyogenes*, *Bacillus cereus*, *Candida albicans*, *Candida glabrata*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Streptococcus mutans*.

Chapitre II :
Présentation de Blattella
germanica

II.1. Introduction.

Les blattes, appelées aussi par la langue populaire “cafards”, “cancrelats”, “grélou”, sont adaptées à tous les milieux : tropicaux, subtropicaux, tempérés et même désertiques (Ebling, 1978) et vivent sous les feuilles et les pierres, et quelques-unes dans les grottes. Par ailleurs, les Blattes se caractérisent par une photophobie et un important pouvoir de fécondité (Hasche & Zumofen, 1999). Les blattes appartiennent à la famille des Dictyoptères, ils descendent des Aptérygotes, la sous-classe primitive des insectes non ailés (Elie, 1998). Parmi les espèces identifiées, 4000 se sont adaptées aux conditions de vie urbaine (Schal *et al.*, 1984) et certaines sont qualifiées de domestiques (Garfield, 1990) ; les espèces les plus courantes sont *Periplaneta americana* (Cornwell, 1968), *Blattella orientalis* (Cornwell, 1976), *Supella longipalpa* (Gordon, 1968) et *Blattella germanica* (Guillaumin *et al.*, 1969). Les endroits chauds et humides et particulièrement les commerces de nourriture sont des lieux de choix pour ces espèces (Elie, 1998).

II.2. Origine et répartition géographique de *Blattella germanica*.

Les blattes sont des espèces les plus anciens fossiles de tous les temps tel qu’ils se remonte à la période carbonifère (Beccaloni, 2014). Elles sont exposées sur terre il y a environ 400 millions d’années, (Koehlen & Patterson, 1987). Alors que et les formes fossiles sont assez comparables aux espèces actuelles (Koehlen & Patterson, 1987) ou est les premiers fossiles de cafard moderne avec un ovipositeur interne sont apparus au début du crétacé, il y a 250 millions d’années. Ces fossiles anciens diffèrent des cafards modernes par la présence d’un long ovipositeur externe (appareil destiné à déposer les œufs à l’endroit où ils vont éclore).

Les premiers enregistrements du cafard allemand dérivent d’Europe, où il serait arrivé pendant la guerre de 7 ans entre 1756–1763 (Rehn, 1945). En 1767, Linnaeus a nommé l’espèce, d’après le lieu d’où ses spécimens ont été collectés à l’origine *Blattella germanica* (cafard allemand).

Toutes les espèces des blattes sont plus ou moins cosmopolites. Elle se trouve dans la plupart des régions du monde (Roth & Willis, 1957), originaire des régions du nord-est Africain, entre les grands lacs, l’Ethiopie et le Soudan. D’Afrique du nord, elle a gagné l’Europe de l’est depuis plus de deux cents années, ainsi l’Asie mineure et le sud de la Russie (Tokro, 1984 ; Mourier, 2014), lorsque la plupart des pays se propagent à la suite à la faveur des échanges commerciaux internationaux (Martin *et al.*, 2015) (figure 11). Les transports

maritimes sont à l'origine de l'infestation des grandes zones portuaires, et des villes avoisinantes, par les blattes (Arruda *et al.*, 2001).

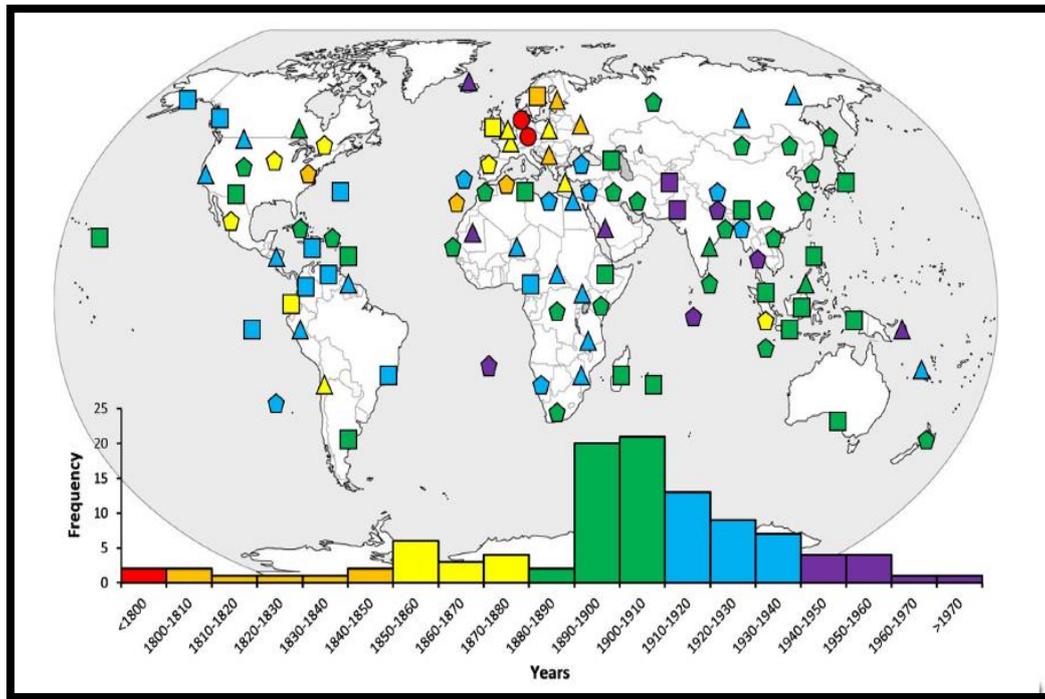


Figure 11. Carte résumant les premiers signalements de *B. germanica* autour du monde (Tang *et al.*, 2019). Chaque point indique la première occurrence de *B. germanica* dans une région spécifique. Les couleurs représentent des périodes de 30 ans, dont la première décennie est représentée par des triangles, la deuxième décennie par des rectangles et la troisième décennie par des pentagones. L'histogramme indique le nombre de rapports pour chaque intervalle de 10 ans.

II.2.1. Répartition géographique de *Blattella germanica* en Algérie.

Ces espèces cosmopolites, colonisent les endroits chauds et humides et particulièrement les commerces liés à la nourriture (Grandcolas, 1998). Leur régime omnivore leur permet en outre, une accommodation à tous types d'aliments (Gordon, 1996). Les blattes allemandes se sont adaptées à toute variété des habitations humaines, tel que (maisons, appartements, hôtels, hôpitaux, etc.). Mais également à d'autres fins (restaurants, granges, installations d'hébergement des animaux, entrepôts, etc.), ou encore aux véhicules mobiles (navires, trains, camions et voitures, etc.) (Cornwell, 1968).

En Algérie peu de travaux ont été effectués sur les blattes, exception de ceux menés dans l'Est Algérien plus précisément la région d'Annaba. Nous citons par exemple les travaux de

Habes *et al.*, (2006) et Hbbachi, (2013) dans le but de recenser les différentes espèces de blattes existantes dans cette région.

Cependant *B. germanica*, c'est l'espèce commensale par excellence, qui se retrouve à l'intérieur des habitations suivi par *P. americana* qui envahisse les sites urbains humides et qui entrent occasionnellement à l'intérieur des habitations à la recherche de la nourriture, ou de l'eau (Morakchi *et al.*, 2005 ; Habes *et al.*, 2006, 2013 ; Maiza *et al.*, 2011 ; Hbbachi, 2013 ; Messiad *et al.*, 2016)

II.3. Taxonomie de Blattella germanica.

Les Blattes sont des insectes, descendant des Ptérygote, de la sous-classe primitive dépourvue d'ailes qui appartient à la Sous-Embranchement des Mandibulata (Schal *et al.*, 1984 ; Grancolas, 1998 ; Linnaeus, 1767). Ces insectes appartiennent à l'ordre des Dictyoptères, qui se répartissent en six familles d'après la classification de Roth (2003), la famille des Polyphagidae, Cryptocercidae, Nocticolidae, Blattidae, Blattellidae, Blaberoidae. *Blattella* est un genre de blattes de la famille des Blattellidae qui comprend l'espèce *Blattella germanica*.

Position systématique : La position systématique (Linnaeus, 1767) est la suivante :

Embranchement :	Arthropoda
Sous -Embranchement :	Mandibulata
Classe :	Insecta
Sous -classe :	Pterygota - Neoptera
Section :	Polynoeptera
Super -ordre :	Orthoteroidae
Ordre :	Dicty,optera
Sous-ordre :	Blattaria
Super famille :	Blaberoidae
Famille :	Blattellidae
Sous -famille :	Blattellinae
Genre :	<i>Blattella</i>
Espèce :	<i>Blattella germanica</i>

II.4. Description de *Blattella germanica*.

La forme générale des blattes est aplatie et ovale. La blatte germanique est une espèce de taille variable, leur taille mesurant 11 à 15 mm de longueur avec une tête, très mobile est presque entièrement cachée, sous une partie du thorax en forme de bouclier, appelée pronotum (plaque formant comme un bouclier sur la tête). Elle porte deux antennes filiformes, très mobiles et flexibles, (Gordon, 1996). Les pièces buccales sont du type broyeur classique, en position hypognathe (orienté vers le bas). Les pattes sont longues, épineuses, larges et aplaties, bien adaptées à la course (vitesse de 130 cm par seconde) (Grandcolas, 1996). Sa couleur varie de brun pâle à noire ; le pronotum porte deux bandes longitudinales de couleur noire (figure 12).

Les Adultes mâles présentent un corps mince, un abdomen effilé et un pygidium (partie caudale de coquilles) non recouvert par les ailes, laissant visible le segment terminal de l'abdomen (figure 12). Les blattes copulent en opposition. L'appareil copulateur mâle est asymétrique et très compliqué. Les adultes femelles de cette espèce sont de couleur plus sombre et possèdent un corps trapu et robuste avec un abdomen arrondi complètement recouvert par les ailes (Rust *et al.*, 1995). La femelle porte l'oothèque qui contiennent 48 à 50 œufs. L'oothèque reste généralement engagée entre les derniers segments abdominaux de la femelle, qui la porte pendant un certain temps (figure 13A).

Les larves ressemblent aux adultes à l'exception des ailes absentes, ces dernières, parut à l'exuviation imaginale (figure 13B). *Blattella germanica* est une espèce cosmopolite, domestique et nocturne (Gordon, 1996). En outre, les blattes se caractérisent par une photophobie, une résistance aux conditions difficiles et un important pouvoir de fécondité (Grandcolas, 1998).

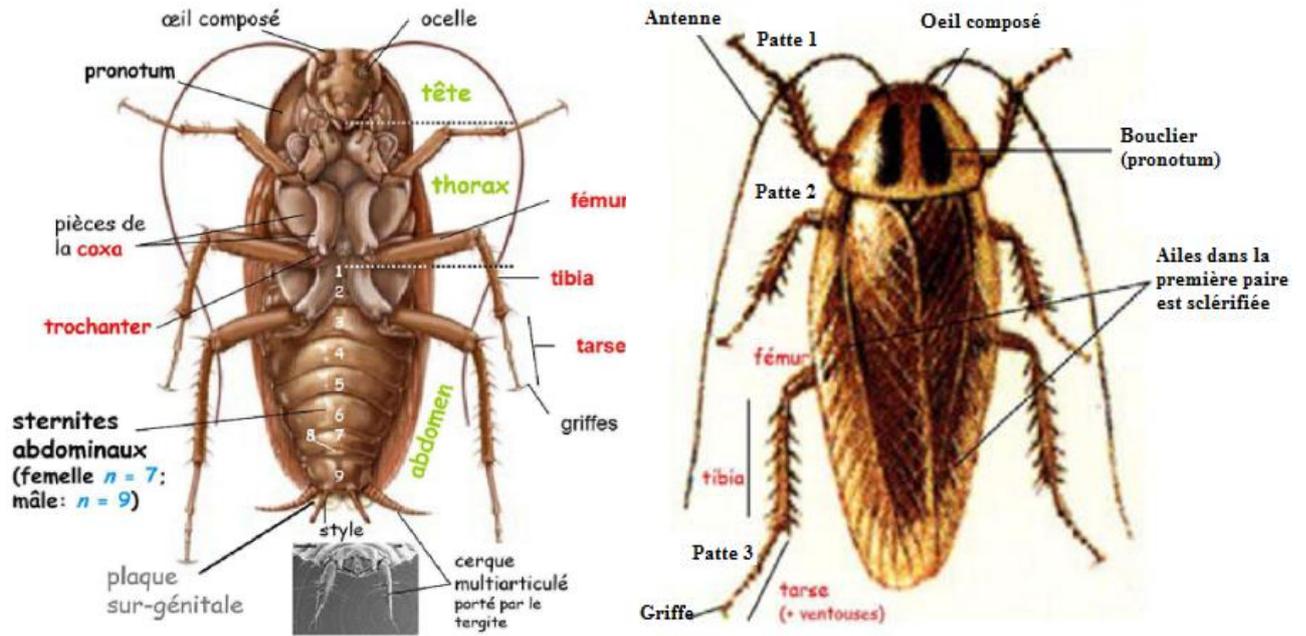


Figure 12. Vue dorsale et ventrale d'un adulte mâle de *B. germanica*.. (Source : Université de Montpellier, <http://mon.univ-montp2.fr/index.php>).

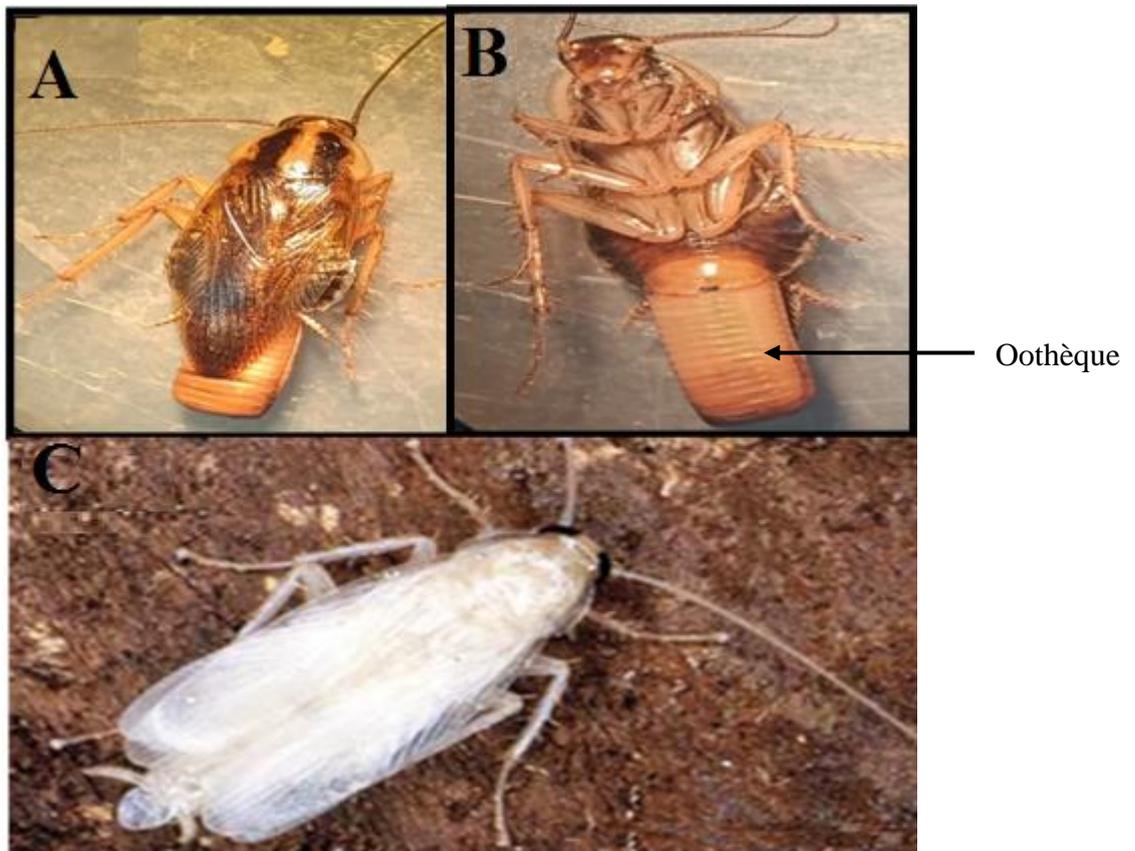


Figure 13. Adultes de *B. germanica*, A : Femelle vue dorsale, B : Femelle vue ventrale, C : Adulte nouvellement exuvie (X4) (Photos personnel, 2020).

II.5. Cycle biologique.

Les blattes sont des insectes à métamorphose incomplète, Chez *B. germanica*, le comportement sexuel se compose très schématiquement de cinq phases successives : l'attraction à distance du mâle, la reconnaissance mutuelle des partenaires après contacts antennaires, la parade du mâle, le léchage des glandes tergales du mâle par la femelle et enfin l'accouplement (Tokro, 1984 ; Clynen *et al.*, 2011 ; Habbachi, 2013 ; Bell *et al.*, 2014).

C'est une espèce à développement hétérométabole (Gordon, 1996) dont les mâles s'accouplent à plusieurs reprises, mais les femelles s'accouplent généralement qu'une seule fois (Cochran, 1979). Selon Wood-ruff (1938), un seul accouplement pourrait suffire à fertiliser tous les œufs produits durant la vie imaginale. Huit jours après la mue imaginale, la femelle forme, au cours de différents cycles gonadotrophiques 6 à 8 oothèques, chaque oothèque de 8 mm de long comportant 36 à 48 œufs (Gordon, 1996), elles pondent ainsi en moyenne 300 œufs au cours de leur vie. Ces oothèques sont déposées près d'une source de nourriture peu avant l'éclosion, un petit pourcentage encore reste attachée à la mère, à l'aide de leur patte jusqu'à l'éclosion des œufs. Il faut compter environ deux semaines pour la formation d'un deuxième oothèque (Jacobs, 2013).

Le temps d'incubation des œufs dépend des conditions extérieures. Quand le taux d'humidité et la température sont favorables (25 à 33°C et 60 à 80% d'humidité relative). La durée de l'évolution embryonnaire est d'environ 17 jours, pour donner des larves molles, de couleur blanchâtre, après tannage de la cuticule en quelques heures, prennent une couleur brunâtre (Cornwell, 1968 ; Wattiez & Beys, 1999).

Le développement larvaire, de 6 mois environ, présente 5 à 7 stades successifs, séparés par des mues (Wattiez & Beys, 1999) ; les larves du dernier stade, dont la durée de vie est en moyenne de 40 jours pour le mâle et de 41 jours pour la femelle, subissent enfin la mue imaginale (Fig.14). L'adulte a une longévité qui est de 128 jours pour le mâle et de 153 jours pour la femelle (Cornwell, 1968). Une blatte peut à elle seule avoir jusqu'à 10000 descendants au bout d'un an, à raison de deux générations (Borozan, 2002).

II.5.1. Le stade œuf.

Il commence à la fertilisation des œufs et se termine à l'éclosion. Les œufs sont réunis dans une capsule de consistance cornée appelée oothèque qui se forme et arrive à faire saillie à l'extérieur pendant la ponte (Tanaka, 1976). De forme et de taille variable, l'oothèque

contiennent 48 à 50 œufs et possède sur la face dorsale une crête denticulée au niveau de laquelle se fera l'éclosion des larves. Les œufs sont disposés verticalement de chaque côté d'une cloison médiane longitudinale de chaque côté de laquelle se trouvent des petites loges verticales contenant chacune un œuf (Tanaka, 1976). L'oothèque reste généralement engagée entre les derniers segments abdominaux de la femelle (Figure 15 D), qui la porte pendant un certain temps (Chopard, 1951).

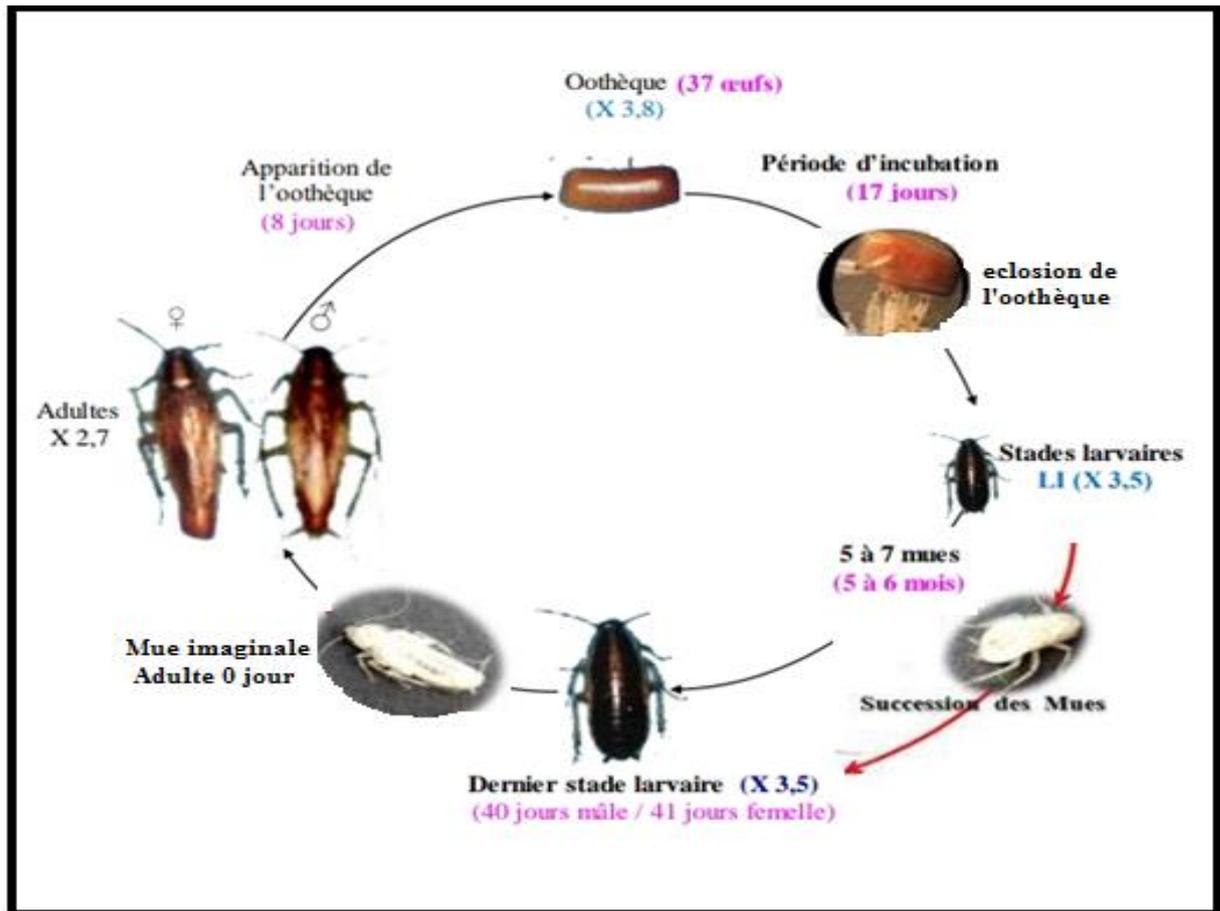


Figure 14 : Cycle de vie de *B. germanica* (Cornwell, 1968).

II.5.2. Le stade larvaire (Nymphes).

La femelle dépose l'oothèque, peu avant l'éclosion et des larves vermiformes en sortent. Les principaux changements du développement larvaire s'effectuent au niveau de la taille et la pigmentation (Elie, 1998). Les larves de dernier stade ressemblent aux adultes mais sont aptères, marquées par une seule bande claire sur le milieu du dos (Rust *et al.*, 1995). Ces dernières subissent six mues successives au cours d'une période de 100 jours (Wattiez & Beys,

1999). La durée du développement du dernier stade larvaire est de 40 jours chez les mâles et de 41 jours chez les femelles (Figure 15 C).

II.5.3. Le stade adulte.

Le stade adulte commence à la mue imaginale (adulte 0 jour). L'adulte possède alors deux paires d'ailes (diptère) mais ne volent pas, des antennes longues et filiformes, des pattes robustes et épineuses permettant une course rapide et des pièces buccales broyeuses (Wigglesworth, 1972). Les adultes sont de couleur marron clair et d'une longueur d'environ 15 à 17 mm, ils ont deux bandes sombres sur le pronotum (plaque formant comme un bouclier sur la tête). Les adultes mâles possèdent un corps mince, à abdomen effilé et un pygidium non recouvert par les ailes ; les femelles présentent un corps trapu et robuste avec un abdomen arrondi recouvert par les ailes (Rust *et al.*, 1995). Les mâles sont de forme longitudinale, les femelles sont de couleur plus sombre et ont un abdomen plus large et arrondi (Figure 15A et B), elle se déplacent aussi bien horizontalement que verticalement et peuvent donc facilement contaminer les logements supérieurs ou inférieurs (Bayer *et al.*, 2012).

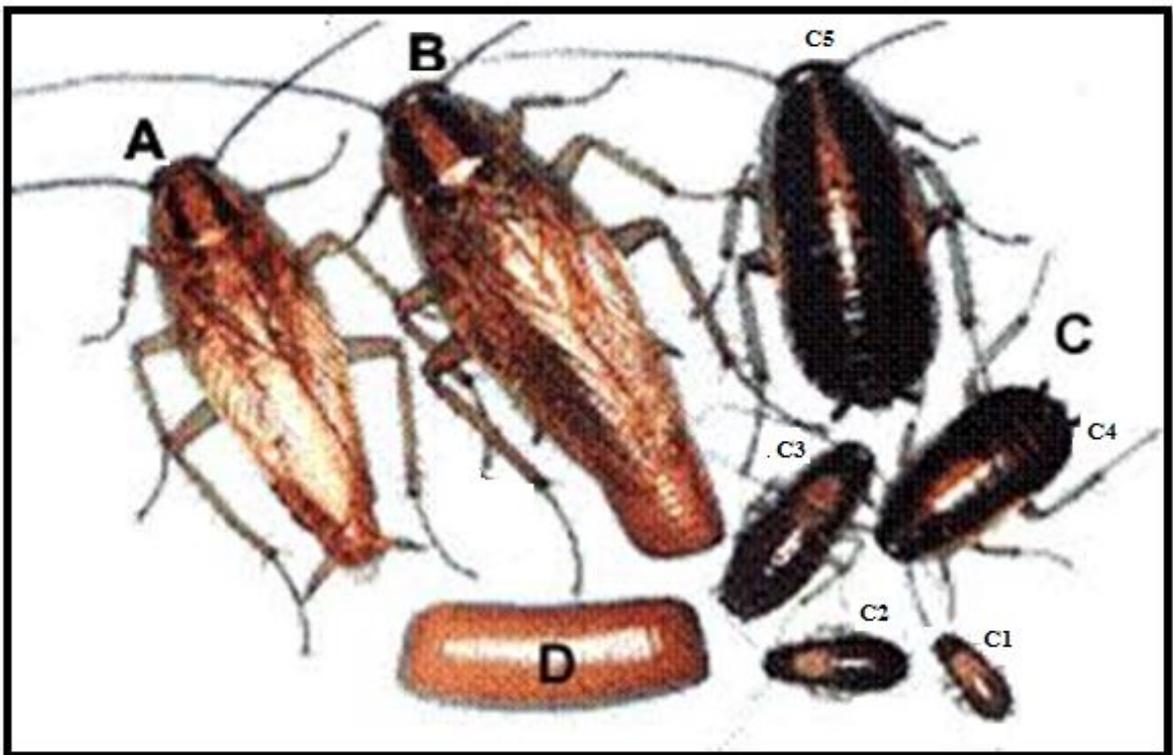


Figure 15 : Morphologie des différents stades de *B.germanica* (X 6,8) d'après (Hutchinson, 1999) (D: Oothèque, C1 à C5: Stades larvaires, A: Mâle adulte, B: Femelle adulte).

II.6. Méthodes de lutte.

La lutte contre les nuisibles a surtout été réalisée grâce à une méthode chimique, utilisant différents types d'insecticides possédant chacun des caractéristiques physiques et chimiques propres, car le taux de toxicité, la dégradation, la biotransformation ou l'accumulation varient d'un insecticide à un autre (Strong *et al.*, 2000).

Les pesticides se classent en fonction de leur structure chimique ou de leur origine, en insecticides minéraux ou organiques, ou insecticides naturels ou de synthèse.

II.6.1. Lutte chimique.

La lutte intégrée contre les blattes, et spécialement *B. germanica*, a longtemps été représentée par l'utilisation des insecticides organiques de synthèse, dite insecticide conventionnels (Organochlorés, organophosphorés, carbamates et pyréthriinoïdes). Ils ciblent directement le système nerveux central des insectes (Casida & Durkin, 2013 ; Casida, 2017). Les organochlorés et les pyréthriinoïdes sont des modulateurs des canaux sodium (bloquent les canaux sodium) et dépresseurs des systèmes nerveux endocrinien et immunitaire (Fulton et Key, 2001). Au début des années 1980, l'utilisation des Pyréthriinoïdes et le Thiocyclame a donné des résultats positifs en cette période. Les organophosphorés et les carbamates, inhibiteurs de l'acétylcholinestérase (AChE), agissent sur les liens synaptiques du système nerveux, en empêchant la transformation de l'influx nerveux et entraînant la mort de l'insecte (Mary & Amdur, 2000). (Lietti *et al.*, 2005) rapportent que les organophosphorés ont été les premiers insecticides utilisés, qui ont été progressivement remplacé par des Pyréthriinoïdes dans les années soixante-dix quatre-vingts. Néanmoins, leur non spécificité ainsi que leur rémanence, ont provoqué d'énormes altérations dans l'environnement (Sawczyn *et al.*, 2012). Durant les années 1990, plusieurs nouveaux insecticides ont été introduits, comme les phéromones (Hauptman *et al.*, 1986) et les perturbateurs de croissance des insectes (IGDs), ce sont de nouvelles molécules sélectives et non polluantes préservant l'environnement. Ces composés naturels et/ou synthétiques agissent de manière spécifique, en perturbant des éléments vitaux dans le développement (cuticule ou régulation hormonale) de l'insecte visé. Les IGDs sont répartis en trois grands groupes : les agonistes et antagonistes de l'hormone juvénile (JH), les inhibiteurs de la synthèse de la chitine et les agonistes et antagonistes de l'hormone de mue. Ils inhibent en effet, soit la régulation des deux principales hormones du développement, l'hormone juvénile (J.H) et les écdystéroïdes, soit le processus de mue (Dhadialla *et al.*, 2005). Ces molécules qui ont donné satisfaction au début de leur utilisation, ont commencé à perdre

leur efficacité sur le terrain suite à la résistance développée progressivement par les populations de l'insecte (Suinga *et al.*, 2004 ; Sharma *et al.*, 2012 ; Chen *et al.*, 2020). L'azadirachtine bioinsecticide dérivé de neem a suscité l'intérêt des chercheurs depuis longtemps ; de par sa dualité d'action, agoniste de l'hormone juvénile et antagoniste des ecdystéroïdes (Aribi *et al.*, 2020).

Les insecticides non organiques comportent les produits arsenicaux, les composés soufrés, l'acide cyanhydrique et l'acide borique. L'arsenic constitue un insecticide d'ingestion (Fabre, 1954). Le soufre en poudre est un insecticide peu actif (Winteringham, 1952). L'acide cyanhydrique est un gaz très toxique qui agit par inhalation et s'applique uniquement sur les arbres recouverts d'une bâche (Mullins, 1955). L'acide borique, insecticide très efficace, agit par ingestion ; son utilisation pour la lutte chimique contre les blattes a fait l'objet de divers travaux (Fort *et al.*, 2000 ; Morakchi *et al.*, 2005 ; Habbes *et al.*, 2001, 2006).

II.6.2. Lutte biologiques.

Un bio-pesticide se définit étymologiquement comme un pesticide d'origine biologique, c'est-à-dire issu d'organisme vivant ou des substances d'origine naturelle synthétisées par ces derniers (Regnault-Roger *et al.*, 2005). La définition adoptée par l'organisation internationale de la lutte biologique (OILB) est : « l'utilisation par l'homme d'ennemis naturels tels que des prédateurs, des parasitoïdes ou des agents pathogènes pour contrôler les populations d'espèces nuisibles ». Dans ce contexte la lutte biologique consiste l'utilisation rationnelle de ces insecticides biologiques efficaces, bactéries, virus, les champignons, ennemis naturels, nématodes entomopathogènes, des parasites et des substances d'origine végétale (Maïza *et al.*, 2013 ; Tomè *et al.*, 2013 ; Cepeda-Palacios *et al.*, 2014 ; Gaire *et al.*, 2019, Isman, 2019 ; Pan & Zhang, 2020).

II.6.2.1. Les bactéries.

L'utilisation des bactéries entomopathogènes, pour lutter contre certains ravageurs de culture et les fléaux vecteurs de maladies d'importance médicale, ont fait l'objet de plusieurs de travaux, en raison de leur activité insecticide spécifique élevée (Nayduch *et al.*, 2018 ; Zhang *et al.*, 2020 ; Pan & Zhang, 2020). Les bactéries des genres *Bacillus*, *Lysinibacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* et *Serratia* sont les agents pathogènes bactériens les plus courants, dont *Bacillus* est le genre le plus largement utilisé. En effet *Bacillus sphaericus* et *Bacillus*

cereus ont été testés chez les larves de *Blattella germanica* (Nishiwaki *et al.*, 2004 ; Nishiwaki *et al.*, 2007).

II.6.2.2. Les virus.

Les virus des insectes sont devenus vitaux dans le domaine biologique avec des réplifications, haute spécificité de l'hôte, forte pathogénicité et adaptabilité environnementale (Carlson *et al.*, 2000). Le densovirus de *B. germanica* (BgDNV) et le densovirus de *P. americana* (PfdNV) sont très toxiques pour la blatte allemande. Les densovirus (DNV) infectent les cellules des blattes par l'adhésion des protéines structurales, puis inhibent la réplication de l'ADN hôte, alors qu'ils initient la réplication massive de leur propre ADN, entraînant finalement la rupture de la membrane nucléaire des hôtes. Cela peut entraîner des changements pathologiques dans l'ensemble du tissu, en particulier dans le corps adipeux. Les dommages causés au corps gras détruisent le système de stockage d'énergie de l'hôte, affaiblissant ainsi sa capacité de mouvement et entraînant éventuellement la mort de l'hôte (Mukha *et al.*, 2006 ; Jiang *et al.*, ; 2007 ; Yu *et al.*, 2012).

II.6.2.3. Les champignons.

Les champignons infectent le cafard principalement en pénétrant l'exosquelette ou la cuticule externe en sécrétant des enzymes apparentées, puis en colonisant l'hémocèle de l'insecte pour proliférer, absorber les nutriments. De ce fait il produit des toxines et détruit les cellules hôtes. En conduisant finalement à la mort de l'hôte par toxicose et épuisement des nutriments (Strasser *et al.*, 2000; Gutierrez *et al.*, 2015; Wang & Wang, 2017 ; Pan & Zhang, 2020).

II.6.2.4. Les protozoaires.

Les familles les plus utilisées en lutte biologique sont les Amoebidae et les Nosematidae. (Greathead *et al.*, 1994). Ces microorganismes pathogènes possèdent la capacité de surpasser les défenses de l'insecte hôte et de l'infecter ; ils s'y multiplient ensuite et provoquent sa mort à plus ou moins long terme, que ce soit par l'émission de substances toxiques et/ou la destruction de certains tissus. (Bawin *et al.*, 2014).

II.6.2.5. Ennemis naturels.

Dans la nature, il existe de nombreux types d'ennemis naturels contre les insectes, y compris les parasitoïdes et prédateurs, tel que le recours à certains hyménoptères parasites des

œufs de blattes, ou encore le lâcher de mâles stériles (Grandcolas, 1998). Pour le cafard, il existe plus de 15 espèces d'ennemis parasites, tels que les guêpes parasites et les acariens parasitoïdes. Aussi environ 18 espèces d'ennemis prédateurs tels que les araignées (Kassiri *et al.*, 2018 ; Yang *et al.*, 2019).

II.6.2.6. Les nématodes entomopathogènes.

Sont considérés comme un nouveau type de biopesticide qui combine les caractéristiques des ennemis naturels avec celles des micro-organismes pathogènes (Kaya & Gaugler, 1993). Pendant le stade juvénile, les nématodes peuvent rechercher activement des insectes hôtes et pénétrer dans l'hémocèle de l'hôte, par des ouvertures naturelles ou perturber la cuticule, pour libérer des bactéries mutualistes dans l'hémolymphe. Ces bactéries pathogènes peuvent ainsi se multiplier rapidement et produire des toxines ou des enzymes dégradantes, conduisant éventuellement à la mort d'hôte (Han & Ehlers, 2000 ; Dowds & Peter, 2002).

II.6.2.7. Bioinsecticide d'origine végétale.

Les premières substances d'origine végétale, avouées et abondamment utilisées contre les nuisibles peuvent être classées en alcaloïdes (nicotine et l'anabasine), flavonoïdes (roténone et rétinoloïdes et les pyréthrinés) et huiles essentielles végétales. Ces substances sont traitées à partir de constituants chimiques efficaces extraits des plantes, appartenant aux familles des Meliaceae, Compositae, Ephedraceae, Lauraceae, etc. Ils peuvent contrôler par divers moyens, telles que la toxicité par contact, la toxicité gastrique, les effets répulsifs et interférence dans le développement des insectes (Castillo *et al.*, 2017 ; Ling *et al.*, 2018).

La nicotine est le principal alcaloïde, extrait du tabac. Le tabac est une plante de la famille des Solanacées (*Nicotina tabacum*, *N.* et *Nicotina Rustica*) (Linné, 1735), insecticide fumigène agissant sur les synapses du système nerveux central des insectes (Schrader, 1948).

La roténone et rétinoloïdes sont extraites de racines, feuilles ou graines de légumineuses de *Derris elliptica* ou *Lonchocarpus* qui est un isoflavone pentacyclique biosynthétisé de l'acétate, du mévalonate et de la phénylalanine. Ces composés agissent par contact et ingestion en bloquant l'absorption de l'oxygène par les cellules (Corbette *et al.*, 1984).

Le pyrèthre, extrait des fleurs de Chrysanthème (*Chrysanthemum cinerariaefolium*) appartenant à la famille des Astéracées, agit par contact sur le système nerveux des insectes, provoquant une perte d'équilibre, des phénomènes convulsifs, une paralysie et finalement la mort (Gaudin, 1937).

L'utilisation de ces substances comme un agent de lutte contre les blattes (Crosby *et al.*, 1966) comme le pyrèthre, la nicotine et la roténone ; ainsi que les pyréthrinés ont fait l'objet de plusieurs travaux (Schrader, 1948 ; Aligon *et al.*, 2010 ; Nasirian & Salehzadeh 2019 ; Pan *et al.*, 2020).

Les huiles essentielles, sont parmi ces biopesticides, les plus efficaces, qui constituent souvent la fraction bioactive des plantes (Harouna *et al.*, 2019; Boné *et al.*, 2020). Leur toxicité est liée à la présence de certains sites fonctionnels oxygénés, mais également de la composition chimique complexes et variables de constituants des huiles essentielles révèle (Viaud, 1993 ; chaaban *et al.*, 2018 ; DeVries *et al.*, 2019 ; Oladipupo *et al.*, 2020). En effet, plusieurs huiles essentielles extraits des différentes plantes, *Angelica sinensis*, *Curuma aeruginosa*, *Cyperus rotundus*, *Eucalyptus robusta*, *Illicium verum*, *Lindera aggregate*, *Ocimum basilicum* et *Zanthoxylum bungeanum* ont été testés chez *B. germanica* (Liu *et al.*, 2015).

II.6.3. La lutte physique.

Elle consiste l'utilisation des pièges à glue (Iyon, 1997 ; Kim *et al.* 2000). Les appâts ont été longtemps utilisé contre les blattes. Ils peuvent exister sous plusieurs formes (figure 16) notamment des pâtes, granulés, gels ou poudres (Pachamuthu *et al.*, 1999 ; Montalva *et al.*, 2016). Ils sont généralement basés sur insecticide à action prolongée, il faut au moins 7 jours pour produire effet (Durier & Rivault, 2000).

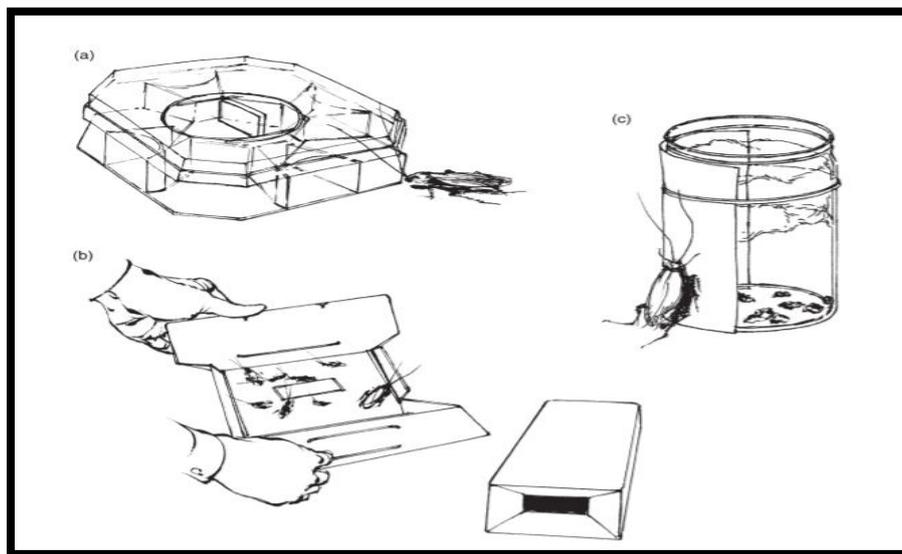


Figure 16 : Quelques modèles de piège. **(a):** Piège mécanique élaboré contenant un aliment attractif. **(b):** Papier gluant recouvert de blattes prises au piège: le piège contient un produit chimique attractif. **(c):** Piège constitué d'un simple bocal garni de raisins secs comme appât: une feuille de papier facilite l'entrée des blattes.

***2eme Partie : partie
expérimentale
Chapitre III : Matériel et
Méthodes***

Chapitre III : Matériel et méthodes.

III.1. Objectif de travail.

Notre travail consiste à évaluer l'effet toxique des grains de *Ricinus communis*, chez les adultes mâles et femelles de *B. germanica* par ingestion, afin de concilier ce produit à sa qualité d'insecticide. Le but étant d'aboutir à un dosage de concentration du *R. communis* plus indiqué et subséquemment mieux s'armer pour lutter contre ce fléau le plus communément associée à l'homme. La toxicité de ce composé a été évaluée chez les adultes de *B. germanica* par ingestion en estimant les doses létales (DL50 et DL90) et les temps létaux (TL50 et TL90).

III.2. Matériel.

III.2. 1. Matériel Animale.

Blattella germanica (L.), de l'ordre des Dictyoptères et de la famille des Blattellidae, est une espèce domestique, cosmopolite, nocturne, à développement hétérométabole. Le corps des adultes est aplati, ovale mesurant 11 à 12 mm de longueur avec une couleur qui varie de brun pâle à noire. *B. germanica* à forte capacité de résistance s'accommode à tous les régimes alimentaires car omnivore. Cette espèce, caractérisée par un fort potentiel reproducteur très élevé, sa résistance aux conditions extrême et son intérêt dans le domaine médical, représente un modèle de choix (Gordan, 1996).

III.2.2. Matériel Végétale.

III.2.2.1. Présentation de *Ricinus communis*.

Ricinus communis, une plante de la famille des Euphorbiaceae est appelée communément en Algérie kharouâa. Ce sont des plantes cosmopolites herbacées, des arbustes ou des arbres à des feuilles de palmier, répandues dans le monde entier. C'est une espèce monoïque caractérisée par l'insertion de fleurs mâles et femelles sur la même inflorescence. Les graines Inclus dans la peau de fruit, de taille Haricots, ovoïdes, à l'intérieur de la graine se trouve une amende oléagineuse qui est très toxique qui contient la ricine (Little & Wadsworth, 1974).

III.2.2.2. Récolte des grains de la plante (Echantillonnage).

La récolte des grains des plantes a été réalisée manuellement, pendant les mois de novembre et décembre (2019), de la région de Bouchegouf, située au Est à 35 Km de la Wilaya de Guelma.

III.3. Méthodes.

III.3.1. Méthode de prélèvement des insectes.

Les prélèvements des blattes se font à différents endroits de la ville (hôpitaux, structures commerciales, résidences universitaire et logements) (Figure 17). La capture des blattes a été réalisée manuellement, elle a été faite en plaçant des pièges dans les coins là où les blattes sont généralement les plus abondantes. Les pièges sont, soit des bouteilles en plastique dans lesquelles on met des attractifs alimentaires (pommes, des biscuits ou des morceaux de pain), soit des cartons pliés sous lesquels les blattes s'abritent (Figure 18 A et B).



Figure 17. Lieu de collection de blattes dans les bâtiments (photo original, 2020).



Figure 18. Piège pour capter des cafards (A : piège de bouteilles en plastique, B : cartons pliés) (photo original, 2020).

III.3.2. Elevage en laboratoire

L'élevage des blattes a été conduit dans des boîtes en plastiques transparentes continent des trous, permettent l'aération et d'emballages alvéolés d'œufs qui servent d'abris. Les blattes sont nourries avec des biscuits et abreuvées du coton imbibé d'eau. L'élevage est maintenu à une température de $26 \pm 2^\circ\text{C}$, une hygrométrie de 70 à 80% et une photopériode de 12 heures (Figure 19)



Figure19. Elevage de *Blattella germanica* en Laboratoire (photo personnelle, 2020).

III.3.3. Préparation de la pâte des grains de *Ricinus communis*.

Le matériel végétal constitué par les graines de *Ricinus communis*, qu'est préalablement lavée à l'eau distillée, puis séchée dans une étuve portée à 40 °C entre 48 à 92 heures. Ils sont ensuite broyés à l'aide d'un mixeur jusqu'à sa réduction en pâte. La pâte obtenue sera ensuite pesée. La pesée de l'extrait des graines de *R. communis*, a été effectuée grâce à une balance de précision localisée dans le Laboratoire. Ainsi et après un screening les doses maintenues sont 50, 100, 200 et 400 µg/insecte. Ensuite, chaque quantité est additionnée à 100 ml d'acétone, puis le mélange est mis sous agitation magnétique pendant 30 minutes à une température ambiante. Finalement, les doses pesées ont été mélangées avec du biscuit et servent de nourriture pour les adultes nouvellement émergés de *Balgtella germanica*.

III.3.4. Traitement des insectes et tests de toxicité.

III.3.4.1. Traitement des insectes.

L'administration de *Ricinus communis* aux adultes de *B. germanica* nouvellement émergés (0 jour), a été effectuée par ingestion sous forme d'un mélange (biscuit/insecticide). Les adultes mâle et femelle sont regroupés par 15 individus, dans des boîtes et traités, par des doses croissantes de *Ricinus communis* (50, 100, 200, et 400 µg/insecte). L'essai pour chaque dose est conduit en utilisant 3 répliques qui comportent chacune 15 insectes ; une série témoin est conduite en parallèle et les individus reçoivent uniquement du biscuit. Cette série d'expérience a été menée, afin de caractériser le pouvoir insecticide de *Ricinus communis*, à l'égard des adultes de *B. germanica*. La toxicité de *Ricinus communis*, chez *B. germanica* sera estimée par la détermination des doses létales, DL50 et DL90 à différents intervalles de temps après traitement (8, 16, 24, 32 heures), ainsi que les temps létaux TL50 et TL90 pour les doses utilisées.

III.3.4.2. Tests de toxicité.

III.3.4.2.1. Le calcul de la mortalité observée

Le pourcentage de mortalité observée chez les séries témoins et les séries traitées est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{Mortalité observée} = \frac{\text{Nombre des Blattes morts après traitement}}{\text{Nombre total de Blattes traités}} \times 100$$

III.3.4.2.2. Le calcul de la Mortalité corrigée.

Le pourcentage de mortalité observée est corrigé par la formule d'Abbott (1925) qui permet d'éliminer la mortalité naturelle.

$$\text{Mortalité corrigée} = \frac{\text{Mortalité observée chez les traités} - \text{mortalité observée chez les témoins}}{100 - \text{mortalité observée chez les témoins}} \times 100$$

III.3.4.2.3. Transformation angulaire.

Les pourcentages de mortalité corrigée subissent une transformation angulaire selon Bliss (1938), cité par Fisher & Yates (1957). Les données normalisées font l'objet d'une analyse de la variance à un critère de classification ; suivie par le classement des doses par le test de Tuckey.

III.3.4.2.4. Analyse des probits.

Les pourcentages de mortalité corrigée subissent une transformation en probits (Fisher & Yates, 1957). Le logarithme décimal des doses en fonction du probit nous permet de déterminer les droites de régression à partir des quelles, les DL50 et DL90, ainsi que les TL50 et TL90 sont précisés (Finney, 1971).

III.3.4.2.5. Le calcul des intervalles de confiance.

La méthode de Swaroop *et al.* (1966) précise l'intervalle de confiance (IC) avec une probabilité de 95 % :

-Limite supérieure = $DL50 \times FDL50$

-Limite inférieure = $DL50 / FDL50$

Aussi deux paramètres sont nécessaires :

-Le 1^e paramètre est le S (Slope), donné par la formule suivante :

$$S = (DL84 / DL50 + DL50 / DL16) / 2$$

-Le 2^{ème} paramètre est le FDL50 donnée par la formule suivante :

$$FDL50 = \text{Anti log } C$$

$$C = \log S \times 2, 77 / \sqrt{N} : (N \text{ c'est le nombre total des blattes testées})$$

III.4. Analyse statistique.

Les résultats obtenus sont représentés par la moyenne arithmétique plus au moins l'écart type ($m \pm s$) établie sur un effectif ou un nombre de répétitions précisées dans les tableaux et les figures. Différents tests statistiques sont réalisés à l'aide du logiciel Prisme Graphpad d'analyse et de traitement statistique des données (Version 8 pour Windows 7).

- ❖ Pour toutes les séries de données l'égalité des variances a été confirmée grâce au test de Bartlett et Levene avant l'utilisation de l'analyse de la variance. Dans le cas où l'égalité des variances n'est pas obtenue, une transformation logarithmique (ln) des données a été réalisée (Dagnelie, 1998).
- ❖ La régression linéaire, le test « t » de Student ($p \leq 5\%$), l'analyse de la variance à un critère de classification du modèle linéaire généralisé (GLM) permis de mettre en évidence les différences entre les groupes étudiés.
- ❖ Le test HSD (honest significative difference) de Tukey a permis de classer les molécules en groupes selon leurs effets.

Chapitre IV. Résultats

IV. Résultats.

L'efficacité d'un insecticide est appréciée dans le temps par la détermination de la mortalité des individus. La mortalité observée (%) est corrigée à partir d'une mortalité naturelle.

La toxicité de la pâte des graines de *R. communis* exprimée par les doses létales (DL50, DL90) et les temps létaux (TL50, TL90). La DL50 et DL90 représentent la quantité d'insecticide par unité de poids qui pourrait tuer 50% et 90% de la population respectivement. Les TL50 et TL90 représentent les temps au bout duquel on pourrait avoir une mortalité de 50 % et 90% respectivement des individus à une dose donnée. Les doses létales et les temps létaux sont déterminés à partir de l'équation de régression exprimant le probit des pourcentages de mortalité corrigée en fonction du logarithme décimal des doses ou des temps.

IV.1. Toxicité de *Ricinus communis* à l'égard des adultes de *B. germanica* et détermination des DL50 et DL90.

IV.1.1. Après 8 heures de traitement.

Après l'administration de *Ricinus communis*, par ingestion aux adultes de *B. germanica* nouvellement exuvies, à plusieurs doses (50, 100, 200 et 400 µg/insecte) ; Le taux de mortalité observée est nul chez les séries témoins et augmente chez les séries traitées jusqu'à $51,10 \pm 3,14$ % pour la dose la plus élevée 400 µg/insecte. Les mortalités corrigées par la formule d'Abbott (1925) montrent l'effet réel des différentes doses, elles varient de $6,66 \pm 0,00$ % pour la faible dose 50 µg /insecte à $51,10 \pm 3,14$ % pour la dose la plus élevée 400 µg/insecte.

Les taux des mortalités corrigées subissent une transformation angulaire et font l'objet d'une analyse de la variance à un seul critère de classification (annexe : tableau 1). Les résultats indiquent que les valeurs sont très hautement significatives à 8 heures ($p = 0,000$). Le classement des doses par le test de Tukey révèle trois groupes : le premier groupe représenté par les doses 50 et 100 µg /insecte, le second renferme le traité à 200 µg /insecte et le dernier englobe la dose 400 µg/insecte (Figure 20).

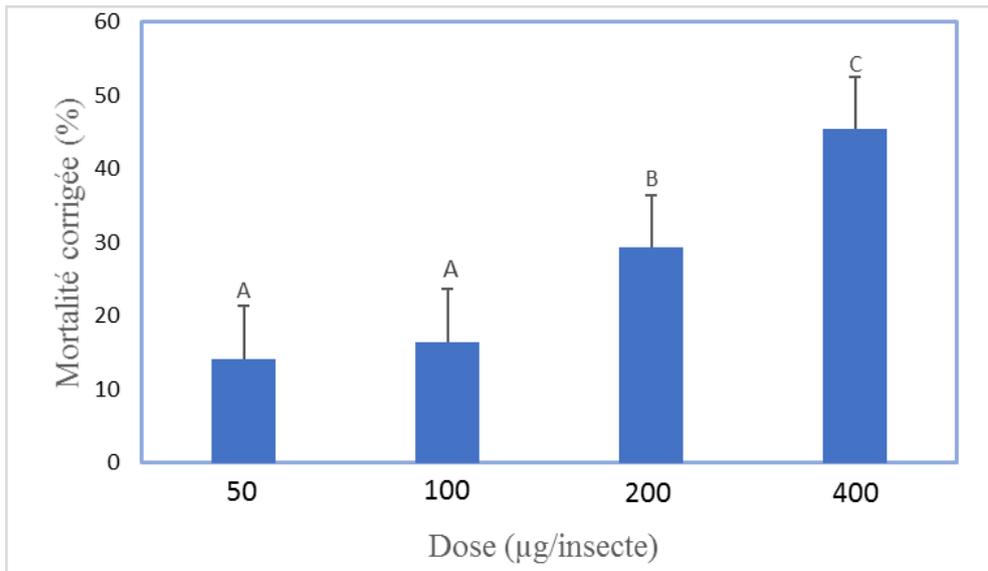


Figure 20. Toxicité de *Ricinus communis* (μg /insecte) administré par ingestion à l'émergence des adultes de *B. germanica* après 8 heures de traitement : classement des doses ($m \pm s$; les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes $p > 0,05$).

L'équation de la droite de régression exprimant le probit des pourcentages de mortalité corrigée (Tableau 03) en fonction du logarithme décimal des concentrations avec un coefficient de détermination $R^2 = 0,94$ %, révèle une liaison positive très forte entre les probits et le logarithme décimal des concentrations. Les doses létales DL50 et DL90 déterminées à partir de la droite de régression avec leurs intervalles de confiance sont respectivement : $2,79 \mu\text{g}$ /insecte ($2,19 - 3,54$) et $3,97 \mu\text{g}$ /insecte ($3,12 - 5,04$) (Tableau 03).

Tableau 03 : Toxicité de *Ricinus communis* (μg /insecte) après 8 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de *B. germanica* : détermination des doses létales DL50 et DL90 μg /insecte et leurs intervalles de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	DL50 (IC)	DL90 (IC)
<i>Ricinus communis</i>	$Y = 1,0784 x + 1,9886$	1,40	2,79 (2,19 – 3,54)	3,97 (3,12 – 5,04)

IV.1.2. Après 16 heures de traitement.

Après traitement avec le *Ricinus communis* des adultes de *B. germanica* nouvellement exuvies, à différentes doses (50, 100, 200, et 400 μg /insecte) ; Le taux de mortalité observée est nul chez les séries témoins et augmente chez les séries traitées jusqu'à $84,44 \pm 6,28$ % pour la dose la plus élevée 400 μg /insecte. Les mortalités corrigées par la formule d'Abbott (1925) montrent l'effet réel des différentes doses, elles varient de $13,33 \pm 0,00$ % pour la faible dose 50 μg /insecte à $84,44 \pm 6,28$ % pour la dose la plus élevée 400 μg /insecte.

L'analyse de la variance à un critère de classification (annexe : tableau 2) des mortalités corrigées et transformés angulairement indique qu'il existe un effet dose très hautement significatif ($p < 0,000$). Le classement des doses par le test de Tukey révèle trois groupes : le premier groupe représenté par les doses 50 et 100 μg /insecte, le second par la dose 200 μg /insecte et le dernier englobe la dose la plus élevée 400 μg /insecte (Figure 21).

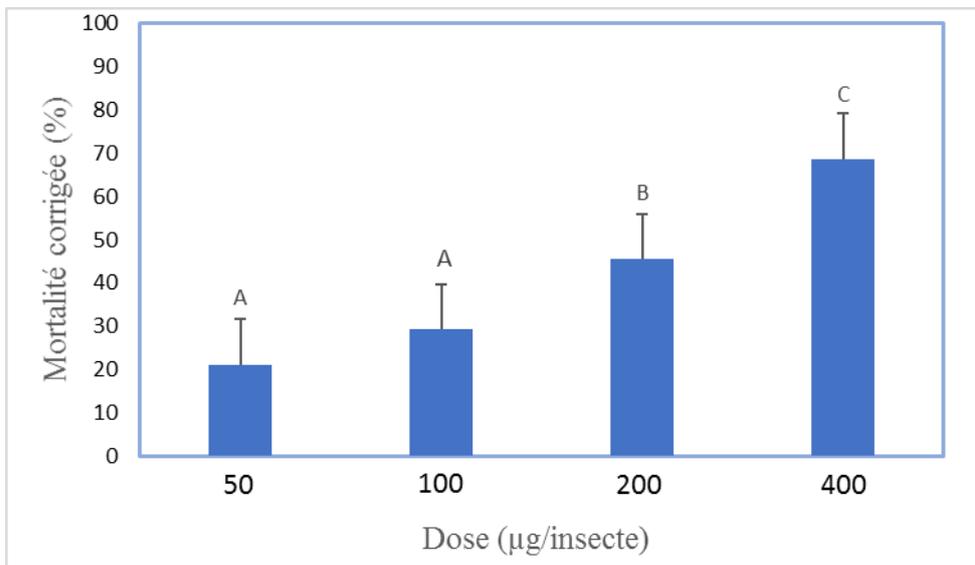


Figure 21. Toxicité de *Ricinus communis* (μg /insecte) administré par ingestion à l'émergence des adultes de *B. germanica* après 16 heures de traitement : classement des doses ($m \pm s$; les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes $p > 0,05$).

L'équation de la droite de régression exprimant le probit des pourcentages de mortalité corrigée (Tableau 04) en fonction du logarithme décimal des concentrations avec un coefficient de détermination $R^2 = 0,96 \%$, révèle une liaison positive très forte entre les probits et le logarithme décimal des concentrations. Les doses létales DL50 et DL90 déterminées à partir de la droite de régression avec leurs intervalles de confiance sont respectivement : 2,33 $\mu\text{g/insecte}$ (1,87 – 2,88) et 3,23 $\mu\text{g/insecte}$ (2,62 – 4,00) (Tableau 04).

Tableau 04 : Toxicité de *Ricinus communis* ($\mu\text{g/insecte}$) après 16 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de *B. germanica* : détermination des doses létales DL50 et DL90 $\mu\text{g/insecte}$ et leurs intervalles de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	DL50 (IC)	DL90 (IC)
<i>Ricinus communis</i>	$Y = 1,4236 x + 1,681$	1,35	2,33 (1,87 – 2,88)	3,23 (2,62 – 4,00)

IV.1.3. Après 24 heures de traitement.

Après traitement avec le *Ricinus communis* à différentes doses (50 ; 100 ; 200 et 400 $\mu\text{g/insecte}$) ; Le taux de mortalité observée est nul chez les séries témoins cependant augmente chez les séries traitées jusqu'à $88,88 \pm 3,14 \%$ pour la dose la plus élevée 400 $\mu\text{g/insecte}$. Les mortalités corrigées par la formule d'Abbott (1925) montrent l'effet réel des différentes doses, elles varient de $17,77 \pm 3,33 \%$ pour la faible dose 50 $\mu\text{g/insecte}$ à $88,88 \pm 3,14 \%$ pour la dose la plus élevée 400 $\mu\text{g/insecte}$.

Les résultats de l'ANOVA donnés en annexe (tableau 3) des mortalités corrigées et transformées angulairement indiquent qu'il existe un effet dose très significatif ($p = 0,007$). Le classement des doses par le test de Tukey révèle deux groupes : le premier groupe représenté par les doses 50 et 100 $\mu\text{g/insecte}$ et le dernier englobe les doses 100, 200 et 400 $\mu\text{g/insecte}$ (Figure 22).

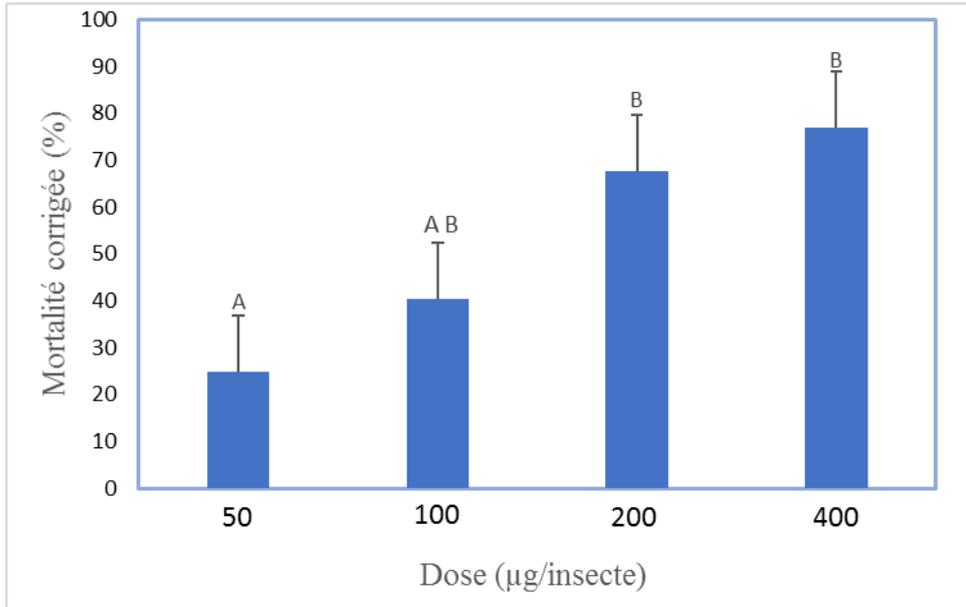


Figure 22. Toxicité de *Ricinus communis* (µg/insecte) administré par ingestion à l'émergence des adultes de *B. germanica* après 24 heures de traitement : classement des doses ($m \pm s$; les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes $p > 0,05$).

L'équation de la droite de régression exprimant le probit des pourcentages de mortalité corrigée (Tableau 05) en fonction du logarithme décimal des concentrations avec un coefficient de détermination $R^2 = 0,96\%$, révèle une liaison positive très forte entre les probits et le logarithme décimal des concentrations. Les doses létales DL50 et DL90 déterminées à partir de la droite de régression avec leurs intervalles de confiance sont respectivement : 2,08 µg/insecte (1,73 – 2,49) et 2,79 µg/insecte (1,73 – 3,55) (Tableau 05).

Tableau 05 : Toxicité de *Ricinus communis* (µg/insecte) après 24 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de *B. germanica* : détermination des doses létales DL50 et DL90 µg /insecte et leurs intervalles de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	DL50 (IC)	DL90 (IC)
<i>Ricinus communis</i>	$Y = 1,8022x + 1,2374$	1,30	2,08 (1,73 – 2,49)	2,79 (1,73 – 3,55)

IV.1.4. Après 32 heures de traitement.

Après l'administration de *Ricinus communis* par ingestion à différentes doses (50, 100, 200 et 400 $\mu\text{g/insecte}$) ; Le pourcentage de mortalité observée est nul chez les séries témoins cependant augmente chez les séries traitées jusqu'à $100 \pm 0,0 \%$ pour la dose la plus élevée 400 $\mu\text{g/insecte}$. Les mortalités corrigées par la formule d'Abbott (1925) montrent l'effet réel des différentes doses, elles varient de $22,22 \pm 3,13 \%$ pour la faible dose 50 $\mu\text{g/insecte}$ à $100 \pm 0,0 \%$ pour la dose la plus élevée 400 $\mu\text{g/insecte}$.

Les résultats de l'ANOVA mettent en évidence des différences très hautement significatives ($p = 0,000$) entre les doses utilisées annexe (tableau 4). Le test de Tukey a permis de classer les différentes doses en quatre groupes : le premier groupe représenté par la dose 50 $\mu\text{g/insecte}$, le second par la dose 100 $\mu\text{g/insecte}$ le troisième renferme les traités à 200 $\mu\text{g/insecte}$ et le dernier englobe les traités à 400 $\mu\text{g/insecte}$ (Figure 23).

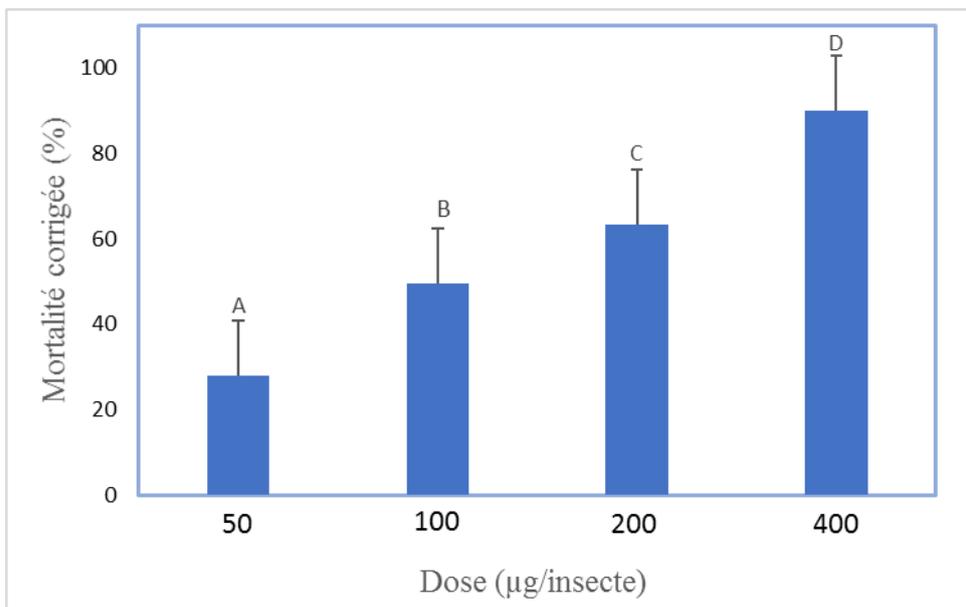


Figure 23. Toxicité de *Ricinus communis* ($\mu\text{g/insecte}$) administré par ingestion à l'émergence des adultes de *B. germanica* après 32 heures de traitement : classement des doses ($m \pm s$; les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes $p > 0,05$).

L'équation de la droite de régression exprimant le probit des pourcentages de mortalité corrigée (Tableau 06) en fonction du logarithme décimal des concentrations avec un

coefficient de détermination $R^2 = 0,98$ %, révèle une liaison positive très forte entre les probits et le logarithme décimal des concentrations. Les doses létales DL50 et DL90 déterminées à partir de la droite de régression avec leurs intervalles de confiance sont respectivement : 2,05 $\mu\text{g/insecte}$ (1,68 – 2,50) et 2,79 $\mu\text{g/insecte}$ (2,28 – 3,40) (Tableau 06).

Tableau 06 : Toxicité de *Ricinus communis* ($\mu\text{g/insecte}$) après 32 heures de traitement par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de *B. germanica* : détermination des doses létales DL50 et DL90 $\mu\text{g/insecte}$ et leurs intervalles de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	DL50 (IC)	DL90 (IC)
<i>Ricinus communis</i>	$Y = 1,7159x + 1,4829$	1,33	2,05 (1,68 – 2,50)	2,79 (2,28 – 3,40)

IV.2. Détermination des TL50 et TL90 de *Ricinus communis* chez les adultes de *B. germanica*.

IV.2.1. Après traitement à 50 $\mu\text{g/insecte}$.

Après traitement des adultes de *B. germanica* avec *Ricinus communis* à la faible dose (50 $\mu\text{g/insecte}$), les TL50 et les TL90 déterminés à partir de la droite de régression exprimant, les probits des pourcentages de mortalité corrigée en fonction du logarithme décimal du temps, varient respectivement de 2,25 à 3,87 jours (Tableau 07).

Tableau 07 : Toxicité de *Ricinus communis* après traitement à 50 $\mu\text{g/insecte}$ par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de *B. germanica* : détermination des TL50 et TL90 (jours) et leurs intervalles de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	TL50 (IC)	TL90 (IC)
<i>Ricinus communis</i>	$Y = 0,7907x + 3,218$	1,90	2,25 (1,43 – 3,56)	3,87 (2,44 – 6,12)

IV.2.2. Après traitement à 100 µg/insecte.

Les valeurs des TL50 et TL90 déterminées après traitement des adultes de *B. germanica* par le *Ricinus communis* à la dose de 100 µg/insecte sont mentionnées dans le tableau 08.

Tableau 08 : Toxicité de *Ricinus communis* après traitement à 100 µg/insecte par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de *B. germanica* : détermination des TL50 et TL90 (jours) et leurs intervalles de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	TL50 (IC)	TL90 (IC)
<i>Ricinus communis</i>	$Y = 1,5734 x + 2,5786$	1,54	1,53 (1,13 – 2,09)	2,35 (1,72 – 3,19)

IV.2. 3. Après traitement à 200 µg/insecte.

Les TL50 et les TL90, déterminés à partir de la droite de régression exprimant le probit des pourcentages de mortalité corrigée en fonction du logarithme décimal du temps, varient respectivement de 1,21 à 1,93 jours (Tableau 09).

Tableau 09 : Toxicité de *Ricinus communis* après traitement à 200 µg/insecte par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de *B. germanica* : détermination des TL50 et TL90 (jours) et leurs intervalles de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	TL50 (IC)	TL90 (IC)
<i>Ricinus communis</i>	$Y = 1,7717 x + 2,8468$	1,66	1,21 (0,84 – 1,73)	1,93 (1,35–2,77)

IV.2 4. Après traitement à 400 µg/insecte.

Les TL50 et les TL90, déterminés après traitement des adultes de *B. germanica* à une dose de 400 µg /insecte de *Ricinus communis* sont respectivement 0,96 et 1,62 jours (Tableau 10).

Tableau 10 : Toxicité de *Ricinus communis* après traitement à 400 µg/insecte par ingestion dès l'émergence à l'égard des adultes de *B. germanica* : détermination des TL50 et TL90 (jours) et leurs intervalles de confiance (IC à 95 %).

Traitement	Droite de régression	Slope	TL50 (IC)	TL90 (IC)
<i>Ricinus communis</i>	$Y = 1,9273 x + 3,143$	1,85	0,96 (0,61 – 1,48)	1,62 (1,04 – 2,52)

Discussion.

La pâte des grains de *Ricinus communis*, testés par ingestion, le jour de l'exuviation imaginale des adultes de *Blattella germanica*, entraînent des symptômes classiques macroscopiques de neurotoxicité tels qu'un manque de coordination, une prostration, des tremblements et d'autres contractions involontaires des muscles. Ces observations sont en accord avec des observations antérieures décrites par Habes *et al.* (2006), Habbachi, (2013), Chen *et al.* (2014) et Farid *et al.* (2015). Ces symptômes s'expliquent par leur action via la liaison aux récepteurs nicotiques de l'acétylcholine (nAChRs) des insectes (Shi *et al.*, 2011 ; Seifert & Stollberg, 2005).

La toxicité de *Ricinus communis*, a été évaluée par ingestion chez les adultes de *B. germanica*, où des individus nouvellement exuviés sont exposés à différentes doses (50, 100, 200 et 400 µg/insecte). Ces doses sont incorporées dans des biscuit et servies comme nourriture aux insectes. Les DL50 et DL90 (µg/insectes) calculées dans différents temps 8, 16, 24 et 32 heures respectivement. La toxicité de *Ricinus communis*, évaluée chez *B. germanica* a révélée après 8 heures seulement de traitement une DL50 de l'ordre de 2,79 µg/insecte. Ce qui explique que cet insecticide manifeste sa toxicité à court terme chez cet insecte et avec de faibles doses. Cette activité insecticide très élevés des grains de *R. communis* à l'égard des adultes de *B. germanica*, peut être expliquer par la présence de ricine (composé principale des grains), qui est une substance glycoprotéique très toxique (Plovéche, 1996). En effet nos résultats enregistrent un taux de mortalité de 100% après deux jour seulement de son application.

Des effets comparables ont été enregistrés chez la même espèce, après le traitement avec d'autres composé végétale. Les travaux de Phillips *et al.*, (2010) ont montré que les huiles végétales de *Mentha piperita* présentent une toxicité élevée contre les adultes de *B. germanica*, avec des valeurs de DL50 et DL90 de l'ordre de 0,126 et 0,773 mg/insecte, après 24 heures seulement de traitement. Cette plante présente également des effets neurotoxiques chez *B. germanica*, analogue à ceux obtenus dans notre étude avec *R. communis*, car elles induisent les mêmes symptômes la paralysie et la tétanie musculaire, en interférant avec le système nerveux des blattes. Identiquement, Xu (2004) a montré que L'azadirachtine extrait d'arbre de neem *Azadirachta indica* a provoqué la mortalité, des mâles et des femelles de *Blattella germanica* en fonction des concentrations utilisées et du temps d'exposition. En effet, les valeurs des CL50 % et CL90% diminuent avec l'augmentation de la durée de traitement, et ceux sont absolument en accord avec nos résultats. Dans une autre étude comparative de la toxicité de plusieurs

extraits des huiles, appartenant à plusieurs espèces de plantes, *Mentha piperita* et *Cymbopogon martinii*, étaient les plus efficaces par rapport le *Geranium aculeolatum*, *Lavandula spica* et *Salvia rosmarinus* à l'égard de *B. germanica*. (Yeguerman *et al.*, 2020). Ainsi, les travaux réalisés par Huang *et al.* (2020) ont montrés que le traitement combiné, par, des extrait des huiles essentiels suivant, *Ilex chinensis* (Sapindales: Aquifoliaceae), *Lavandula* spp (Tubiflorae: Labiatae), et *Elsholtzia ciliata* (Tubiflorae: Labiatae) a révélé chez les adultes de *B. germanica* des DL50 respectives de l'ordre de 218,634, 154,590 et 223,989 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. La toxicité de la poudre de clou de girofle *Syzygium aromaticum* et l'huile de girofle, constitué de l'eugénol et l'acétate d'eugénol ont été évalué, par contact sur les adultes de *B. germanica* et ils ont marqué une nocivité similaire que *Ricinus communis*. En effet, à 30 mg/cm^2 de poudre de clou de girofle c'est marqué une mortalité de 92 % après 6 heures seulement de traitement, de même l'huile de clou de girofle appliqué à 4 ml/cm^2 a fourni 95% et 87% de mortalité, des blattes après 24 et 6 heures respectivement (Neupane *et al.*, 2020).

D'autre part, nos résultats montrent que la dose létale (DL50) enregistrée décroît avec l'augmentation de la durée de traitement. Les travaux réalisés par Mandal (2010) sont parfaitement en accord avec nos résultats, en effet l'extrait des graines de *Ricinus communis* a montré une bonne activité larvicide, chez le quatrième stade de *Stephen Quinquefasciatus* et *Aedes albopictus*. Où il a enregistré des taux de mortalités allant jusqu'à 100%, ceci traduit une mortalité corrélée aux doses utilisées et au temps d'exposition. Les résultats indiquent également des CL50 pour les 24 h de l'ordre de 2 mg/mL pour *Stephensi quinquefasciatus* et 4 mg/mL pour *Aedes albopictus*. Ce qui explique que l'effet toxique de *R. communis* diffère selon les espèces d'insectes traitées. Nath *et al.*, (2019) a enregistré un effet insecticide très fort de l'extraits des feuilles de *Ricinus communis*, chez un autre insecte nuisible *Tribolium castaneum* avec une mortalité de 90,9 %, à la concentration de 2,5 % après 24 h de traitement. Même agissements de *R. communis* chez les larves de *Aedes albopictus* avec une CI50 et CL90 de l'ordre de (149,58 ppm, 268,93 ppm) et (155,58 ppm, 279,93 ppm) pour les larves de 2e et 3e stades respectivement après 48h (Waris *et al.*, 2020). Les travaux de Sotelo-Leyva *et al.* (2020) ont évalué l'activité insecticide d'extraits de *R. communis* par contact chez *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae), où ils ont enregistré une mortalité de 96% après 72 h seulement. *R. communis* exerce également une toxicité identique, chez plusieurs espèces d'insectes nuisibles comme *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera : Noctuidae) (Lopez *et al.*, 2010), *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera : Formicidae) (Bigi *et al.*, 2004) et *Myzus persicae* (Homoptera : Aphididae) (Olaifa *et al.*, 1991).

D'autre part, l'étude comparative réalisée par Aouinty *et al.* (2006) entre deux extraits aqueux des feuilles, du ricin (*Ricinus communis*) et du bois thuya (*Tetraclinis articulata*) ; leurs résultats ont révélé une toxicité de ricin plus élevée, que celle obtenue avec l'extrait de thuya. En effet une mortalité de 100 % des larves est obtenu avec une dose de 4% de la phase aqueuse du ricin et 1 % seulement avec la phase aqueuse de thuya.

Conclusion et perspectives.

Le ricin (*Ricinus communis*. L), plante de la famille des Euphorbiacées est classée parmi les plantes toxiques. La pâte des grains de cette plante a été testée par ingestion chez les adultes de *B. germanica*, nouvellement émergés, modèle biologique de choix de par son intérêt médical et sa grande capacité de résistance. L'évaluation de la toxicité de ce composé chez cette espèce d'insecte, été par la détermination des doses létales (DL50 et DL90) et les temps létaux (TL50 et TL90), après son administration par voie orale.

L'étude toxicologique montre que le traitement de *Blattella germanica* par ingestion, avec le ricin, provoque des symptômes classiques macroscopiques, tels qu'un manque de coordination, une prostration, des tremblements et d'autres contractions involontaires des muscles. Ensuite des signes de la tétanie musculaire, menant à la paralysie et enfin la mort de l'insecte ont été considérés. Ces symptômes pourraient être expliqués par la neurotoxicité de ce composé.

Les résultats corrélatifs aux essais de toxicité, révèlent des valeurs respectives des DL50 et DL90 qui sont de l'ordre de 2,05 et 2,79 µg/insecte après 32 heures d'exposition et des TL50 et TL90 équivaux à 0,96 et 1, 62 jours à la forte dose 400 µg/insecte. Ceci indique que le ricin manifeste une activité très toxique chez *B. germanica* à court-terme. Encore, un effet dose réponse a été constaté, plus la dose est élevée plus le taux de mortalité est important.

Aussi et compte tenu de tous ces résultats, *R. communis* semble être, chez *B. germanica* le biopesticide naturel à privilégier de par, son efficacité à l'égard de ce fléau résistant aux insecticides conventionnels (organophosphorés, carbamates et pyréthrinoides).

Au futur, il serait intéressant de compléter ce travail en premier lieu par la comparaison de l'effet de ricin avec d'autre bio-pesticides aillant le même mode d'action afin de faire une étude plus ciblée. En outre, en raison de la neurotoxicité et la relation étroite qui existe entre le système nerveux et neuroendocrine chez les insectes, sollicitent des études perspectives d'approfondissements sur les hormones et neurohormones, impliquées dans le contrôle endocrine de la reproduction. Par ailleurs, une étude sur la mise en place d'un mécanisme de détoxification, serai très intéressante par un dosage des enzymes de détoxification. Enfin, il serait très intéressant de réalisé une étude histologique de l'intestin, afin de mieux comprendre le mécanisme d'action de *R. communis*.

Résumé :

Blattella germanica (Dictyoptera : Blattellidae), insectes intimement liées à l'Homme. Cette espèce, caractérisée par un potentiel reproducteur très élevé, sa résistance aux conditions extrême et son intérêt médical, car se trouve souvent à l'origine de plusieurs maladies infectieuses, et présente de ce fait un énorme problème de santé humaine. Le ricin (*Ricinus communis*. L), plante de la famille des Euphorbiacées est classée parmi les plantes toxiques. L'extrait des grains de cette plante a été testé par ingestion, le jour de l'exuviation des adultes mâles et femelles de *B. germanica*. La toxicité de ce composé a été évaluée, en estimant les doses létales (DL50 et DL90) et les temps létaux (TL50 et TL90) par voie orale chez ce fléau. La pâte des grains de cette plante a présenté une forte activité insecticide à l'égard des adultes de *B. germanica*. En effet, un large spectre déterminé par les doses létales (DL50 et DL90), estimées après différents temps de traitement et qui sont respectivement de l'ordre de 2, 05 et 2, 79 µg/insecte après 32 heures d'exposition. Ceci indique que *R. communis* manifeste une activité toxique chez *B. germanica* à court-terme. Par ailleurs, les divers temps létaux ont été également précisés pour les diverses doses. Les TL50 et TL90 évalués sont respectivement 0,96 et 1,62 jours pour la forte dose 400 µg/insecte.

Mots clés : Blattes, *Blattella germanica*, Ricin, *Ricinus communis*, insecticide, biopesticide, toxicité.

Summary:

Blattella germanica (Dictyoptera : Blattellidae), the most associated human cockroach. This species, characterized by a high reproductive potential, resistance to extreme conditions and its medical interest, because it is often the source of several infectious diseases, and presents a huge problem for human health. *Ricinus communis*. *L.*, a plant of the Euphorbiaceae family has ranked among the poisonous plants. The extract of the grains of this plant has been tested by ingestion at newly emerged adults male and female of *B. germanica*. The toxicity of this compound was evaluated after estimation of the lethal doses (LD50 and LD90) and the lethal times (LT50 and LT90) by the oral administration among this plague. The paste of the grains of this plant manifested a strong insecticidal activity towards adults of *B. germanica*. Indeed, a wide spectrum determined by, lethal doses (LD50 and LD90), estimated after different treatment times, which are respectively 2,05 and 2,79 µg/insecte after 32 h of exposure. This indicates that *Ricinus communis* manifests its toxicity in short-term toward this nuisance. In addition, lethal times were also specified for the various doses. The TL50 and TL90 evaluated are respectively 0,96 and 1,62 days for the high dose 400 µg/insect.

Keywords : Cockroaches, *Blattella germanica*, ricin, *Ricinus communis*, insecticide, biopesticide, toxicity.

ملخص:

الصراصير الألمانية: *Blattella germanica* (Blattellidae Dictyoptera) هي حشرات ذات صلة وثيقة بالبشر. يتميز هذا النوع بقدرته العالية على التكاثر، ومقاومته للظروف القاسية وضرره الصحي، لأنه غالباً ما يكون مصدر العديد من الأمراض المعدية، وبالتالي يمثل مشكلة كبيرة على صحة الإنسان. لمكافحة هاته الآفة تم اختبار مستخلصاً من بذور نبات الخروع (*Ricinus communis. L*) من عائلة Euphorbiaceae، المصنف على أنه نبات سام ، عند الذكور والإناث البالغين من *B.germanica* عن طريق البلع. تم تقييم سمية هذا المركب عن طريق تقدير الجرعات المميتة (DL50 و DL90) والأوقات المميتة (TL50 و TL90). أظهر مستخلص بذور نبات الخروع نشاطاً إبادي قوي ضد هذا النوع من الحشرات *B. germanica*. بعد تقدير الجرعات المميتة (DL50 و DL90) بعد فترات مختلفة من زمن المعالجة، حددت على التوالي ب 2,05 و 2,79 ميكروغرام / للحشرة بعد 32 ساعة من العلاج، وهذا يشير إلى أن نبات الخروع ينفذ سميته بالنسبة الى هاته الآفة على المدى القصير. علاوة على ذلك، تم تحديد الأوقات المميتة عند مختلف الجرعات المستعملة. حيث تم تقدير TL50 و TL90 على التوالي ب.0,96 و 1,62 يوم للجرعة العالية 400 ميكروغرام /للحشرة.

الكلمات المفتاحية: الصراصير، *Blattella germanica*، *Ricinus communis*، نبات الخروع، السمية، مبيدات حشرية، مبيد بيولوجي.

Références bibliographiques



- Abbott W.S.,1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18,265–267.
- Abdelaziz A.I.M., Elamin, I.H.M., Gasmelseed, G.A., Abdalla, B.K., 2014.** Extraction, refining and characterization of sudanese castor seed oil. *J. Chem. Eng.* 2, 2166–4366.
- Abdel-raheem M., Alghamdi H., Reyad N. F., 2020.** Nano essential oils against the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Coleoptera: Curculionidae). *Entomological Research* 50, 215–220.
- Abdul W.M., Hajrah N.H., Sabir J.S.M., Al-Garni S.M., Sabir M.J., Kabli S.A., Saini K.S., Bora R.S., 2018.** Therapeutic role of *Ricinus communis* L. and its bioactive compounds in disease prevention and treatment. *Asian Pac J Trop Med* 11(3):177–185.
- Abdulazim S.S., Salah O. A.T., Munir N. G. M., Shomaf S., 1998.** The Abortifacient effects of Castor Bean Extract and Ricin-A Chain in Rabbits. *Contraception.* 58: 193–197.
- Abu-Irmaileh B.E., Afifi F.U., 2003.** Herbal medicine in Jordan with special emphasis on commonly used herbs. *J Ethnopharmacol* 89(2) : 193–7
- Adolfo A.C., Heinrich M., 2005.** Mexican plants with hypoglycaemic effect used in the treatment of diabetes. *J. Ethnopharmacol.* 99: 325–348.
- Adomako J., Kwoseh C.K., 2013.** Effect of Castor bean (*Ricinus communis*). Aqueous extracts on the performance of root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. On Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Science and Technology*, 33(1):1-11.
- Akpan U. G., Jimoh A., Mohammed A. D., 2006.** Extraction, Characterization and Modification of Castor Seed Oil. *Leonardo Journal of Sciences*, 8, 43-52.
- Aligon D., Bonneau J., Garcia J., Gomez D., Le Goff D.,2010.** Estimation des expositions de la population générale aux insecticides: Les organochlorés, les organophosphorés et les pyréthrinoides, *Ecole des Hautes Etudes en santé publique*, 78p.
- Anam Sarwar A., Afsheen S., Shah S. S., Afzal S., Zia A., Khan I., Hayat Y., 2019.** Potential of plant oils against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera; Bruchidae) on stored mung bean (*Vigna radiata*). *Asian J Agric & Biol*, 7 (2): 204-209.
- Andrade-Cetto A., 2009.** Ethnobotanical study of the medicinal plants from Tlanchinol, Hidalgo, México. *J Ethnopharmacol* 122 (1): 163–71.

- Anete C. F., Miriam, E.M. A., Mariana L.D.C., Ilza R. B., Bras H. D.O., Claudio D.C., 1999.** Pharmacological Evaluation of Ricinine, a Central Nervous System Stimulant Isolated from *Ricinus communis*. *J. Pharmacol. Biochem. Beh.* 63(3): 367–375.
- Anjani, K., 2005.** Purple-coloured castor (*Ricinus communis* L.)-A rare multiple resistant *morphotype*. *Curr. sci.* 88(2): 215-216.
- Aouinty B., Chennaoui M., Aboufadi S., Mellouki F., 2017.** Toxicity investigation of aqueous extract from different parts of *ricinuscommunis* against *culex pipiens* larvae. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, ISSN 2429-5396.
- 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), *Culisetalongiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 10 (2) :67-71.
- Aribi N., Denis B., Kilani-Morakchi S., Joly D., 2020.** L'azadirachtine, un pesticide naturel aux effets multiples, *médecine/sciences*, 36 : 44-9.
- Armstrong, W.P., 1982.** Not Beavers Stars or Sons of Jupiter. *Environ. Southwest.*, 496, pp 4-7.
- Arruda L.K., Ferriani P.L.V., Vailes L.D., Pomés A., Chapman M.D., 2001.** "Cockroach Allergens: Environmental Distribution and Relationship to Disease." *Cure. Allergy Asthma Rep.* (1): 466–73.
- Aslania M.R., Malekib M., Mohria M., Sharifia K., Najjar V. N., Afshari E., 2007.** Castor bean (*Ricinus communis*) toxicosis in a sheep flock. *Toxicon.* 49 : 400–406.
- Aubry P., 2012.** Intoxications par les plantes toxiques dans les zones tropicales et intertropicales. Texte rédigé le 23 février 2012.
- Audi J., Belson M., Patel M., Schier J., Osterloh J., 2005.** Ricin poisoning: a comprehensive review. *JAMA* 294:2342–2351.
- Ayinde A. A., Morakinyo O. M., Sridhar M. K. C., 2020.** Repellency and larvicidal activities of *Azadirachtaindica* seed oil on *Anopheles gambiae* in Nigeria. *Heliyon* 6: e03920
- Badaró M.M., Prates T.P., Leite-Fernandes V.M., Oliveira V.C., Paranh H.F.O., Silva-Lovato C.H., Watanabe E., 2019.** Antibiofilm Activity of an Experimental *Ricinus communis* Dentifrice on Soft Denture Liners. *Brazilian Dental Journal.*
- Balint G. A., 1974.** Ricin: the toxic protein of castor oil seeds. *Toxicology* 2:77–102.
- Barbosa D.D.C., Tatiana M. S., Simoni M. Plentz M., Mario R. M., 2010.** Biodiesel production by ethanolysis of mixed castor and soybean oils. *Fuel.* 89: 3791–3794.

- Bawin T., De Backer L., Dujeu D., Legrand P., Megido R.C., Francis F., Verheggen F.J., 2014.** Infestation level influences oviposition site selection in the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Insects*, 5, 877-884.
- Bayaso, 2013.** Effects of aqueous extract of *Ricinus communis* on radial growth of *Alternariasolani* African Journal of Agricultural Research, 8(37):4541-4545.
- Bayer B.E., Pereira R.M., Koehler P.G., 2012.** Differential consumption of baits by pest blattid and blattellid cockroaches and resulting direct and secondary effects. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 145, 250–259.
- Beccaloni G.W., 2014.** Cockroach Species File Online Version 5.0/5.0. *World Wide Web electronic publication*.
- Belharrane-Boumaza 2014 ;** Contribution à l'étude du cortège floristique de *Ricinus communis* (Famille des Euphorbiacées) dans la région de Tlemcen. Thèse de mémoire en écologie végétale. Université de Tlemcen, Algérie. 94 pp.
- Bell M. R., 2014.** Endocrine-disrupting actions of PCBs on brain development and social and reproductive behaviors. *Curr Opin Pharmacol*, 19 :134–144.
- Benrezig•Mahdjouba 2016 ;** thèse de master L'effet bio-insecticide de l'extrait méthanoïque du *Ricinus communis* L. Sur les larves de *Tuta absoluta*. Thèse de mémoire en biologie végétale. Université de Mostaganm, Algérie. 69 pp.
- Bigi M., Torkomian L.V., Groote T.C.S., Hebling M.J., Bueno O.C., Pagnocca, F.C., Fernandes B.J., Vieira C.P., Silva M.F., 2004.** Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) and ricinine against the leaf-cutting ant *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae) and the symbiotic fungus *Leucoagaricus gongylophorus*. *Pest. Manage.Sci.* 60. P 933-938.
- Bliss C. I., 1938.** The transformation of percentages for use in the analysis of variance.
- Borozan-Dorey V., 2002.** Le savoir-vivre des blattes : blatte is beautiful. La Recherche, L'actualité des sciences. *Recherche* (paris, 1970), 64•66.
- Boné E., González-Audino P.A., Sfara V., 2019.** Spatial Repellency Caused by Volatile Pyrethroids is Olfactory-Mediated in the German Cockroach *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae). *Neotrop Entomol* 49(2), 275•283.
- Bradberry S. M., Dickers K. J., Rice P., Griffiths G. D., Vale J. A., 2003.** Ricin poisoning. *Toxicol Rev* 22(1) :65–70.
- Breton P., 2002.** Le risque toxique : évaluation toxicologique. In : Goudey-Perrière F, Bon C, Puiseux-Dao S, Sauviat MP, eds. *Toxines et recherches biomédicales*. Paris : Elsevier, 11-21.
- Brunat P., Delacour H., Ceppa F., 2002.** La ricine, toxine potentielle de guerre et de terrorisme. *Médecine et armées*, 30, 3, pp.243-249.

- Campos E.V.R., Proenca P.L.F., Oliveira J.L., Bakshi M., Abhilash.P.C., Fraceto L.F., 2018.** Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: future perspectives. *Ecol. Indicat* 105, 483-495.
- Cangemi J. M., Antonia M. d. S., Salvador C. N., Gilberto., O. C., 2008.** Biodegradation of Polyurethane Derived from Castor Oil. *CiênciaTechnol.* 18(3): 201- 206.
- Capasso F., Mascolo N., Izzo A.A., Gagarella T.S., 1994.** Dissociation of castor oil induced diarrhoea and intestinal mucosal injury in rat: effect of NG-nitro-l-arginine methyl ester. *BritishJournalofPharmacology* 113, 1127-1130.
- Carlson J., Afanasiev B., Suchman E., 2000.** Densonucleosis Viruses as Transducing Vectors for Insects. In *Insect Transgenesis: Methods and Applications*, pp. 139-159. Edited by A. M. Handler; A. A. James. New York: CRC Press.
- Casida J.E., 2017.** Pesticide interactions: mechanisms, benefits, and risks. *Journal of agricultural and food chemistry* 65 (23), 4553-4561.
- Casida J.E., Durkin K.A., 2013.** Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annu. Rev. Entomol.* 58, 99-117.
- Casida, J. E., 2018.** Neonicotinoids and other insect nicotinic receptor competitive modulators: Progress and prospects. *Annu Rev Entomol* 63, 125-144.
- Castillo R.M., Stashenko E., Duque J.E., 2017.** Insecticidal and Repellent Activity of Several Plant-Derived Essential Oils Against *Aedesaegypti*. *J. Am. Mosq. ControlAssoc.* 33, 25-35.
- Caupin H. J., 1997.** Products from castor oil: Past, present, and future. In *Lipid Technologies and Applications*, Gunstone FD, Padley FB (eds). Marcel Dekker: New York; 787-795.
- Cazal C.d.M., Batalhão J.R., Domingues Vde C., Bueno O.C., FilhoE.R., Forim M.R., da Silva M.F., Vieira P.C., Fernandes J.B., 2009.** Highspeed counter-current chromatographic isolation of ricinine, an insecticide from *Ricinus communis*. *J Chromatogr A* 1216(19):4290-4294.
- Cepeda-Palacios., Servín R., Ramírez-Orduña J.M., Ascencio F., Dorchies P., Angulo-Valadez C.E., 2014.** In vitro and in vivo effects of neem tree (*Azadirachta indica* A. Juss) products on larvae of the sheep nose bot fly (*Oestrusovis* L. Díptera: Oestridae). *Veterinary parasitology* 200 (1-2), 225-228.
- César A.S., Batalha M.O., 2010.** Biodiesel production from castor oil in Brazil: a difficult reality. *Energy Policy.* 38, 4031-4039.
- Chaaban, A., Santos V. M. C. S., Gomes E. N., Martins C. E. N., Amaral W. D., Deschamps C., Molento M.B., 2018.** Chemical composition of Piper *gaudichaudianum* essential oil and its bioactivity against *Luciliacuprina* (Diptera: Calliphoridae). *J. Essent. OilRes.* 30: 159-166.

- Cheema N. M., 2012.** Yield and chemical composition of castor bean (*Ricinuscommunis*) as influenced by environment, Ph. D. thesis UAAR, Rawalpindi, Pakistan.
- Cheema N. M., Muhammad A., Ghulam Q., Malik A. R., 2010.** Characterization of castor bean genotypes under various environments using SDS6PAGE of total storage proteins. *Pak. J. Bot.* 42(3): 1797-1805.
- Chen S.M., Hu I.H., Lee C.Y., Neoh K.B., 2020.** Insecticide Resistance, and Its Effects on Bait Performance in Field-Collected German Cockroaches (Blattodea: Ectobiidae) From Taiwan. *Journal of Economic Entomology*, 1–10.
- Chen H., Zhang Y., Zhang H., Ding W., 2014.** Synergistic effect of imidacloprid combined with synergistic agents (Beichuang, Jiexiaoli) on *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Int. J. Pest Manag.* 60(3), 201-207.
- Chen Z., Zhang J., Chen G., 2008.** Simultaneous determination of flavones and phenolic acids in the leaves of *Ricinuscommunis* Linn. By capillary electrophoresis with amperometric detection. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci* 863(1):101–106.
- Chopard L., 1951.** Orthoptéroïdes. Faune de France 56. Office central de faunistique. 358 p.
- Clynen E., Ciudad L., Bellés X., Piulachs M.D., 2011.** Conservation of fruitless role as master regulator of male courtship behaviour from cockroaches to flies. *Dev. Genes. Evol.* 221: 43-48.
- Cochran D. G., 1979.** A genetic determination of insemination frequency and sperm precedence in the German cockroach. *Entomol. Exp. Appl.* 26:259-266.
- Coopman V., Marc D. L., Cordonnier J., Werner, J., 2009.** Suicidal death after injection of a castor bean extract (*Ricinuscommunis* L.). *ForensicSci. Internatl.* 189: e13–e20.
- Corbett, J. R., Wright K., Baillie A.C., 1984.** The biochemical mode of action of pesticides, 2nd ed. Academic, New York.
- Cornwell P. B., 1976.** The cockroach, Vol.II. Insecticides and cockroach control. Associated Business Programmes. *St Martin's Press, New York.* 140p.
- Cornwell P.B., 1968.** The cockroach, A laboratory insect and an industrial pest. *London, Hutchinson,* 1: 116.
- Cornwell P.B., 1968.** The cockroach, Vol I. A laboratory insect and an industrial pest. 116p.
- Costa A.O., Oliveira L.B., Lins M.P.E., Silva A.C.M., Araújo M.S.M., Pereira Jr., A.O., Rosa L.P., 2013.** Sustainability analysis of biodiesel production: a review on different resources in Brazil. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 27, 407–412.
- Cristiane C.G., Ferraz C., Antônio Lopes E., Ferreira A.P., Amora D.X., De Freitas L.G., 2009.** Evaluation of plant aqueous extracts, added into the soil, on *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949, *Semina: Ciências Agrárias* 30 (3), 551-556.

- Darby S.M., Miller M.L., Allen R. O., 2001.** Forensic determination of ricin and the alkaloid marker ricinine from castor bean extracts. *J Forensic Sci* 46(5):1033–1042 PMID: 11569541.
- Davari B., A. Hassanvand, H. Nasirian, S. Ghiasian, A. Salehzadeh, and M. Nazari. 2017.** Comparison of cockroach fungal contamination in the clinical and non-clinical environments from Iran. *J. Entomol. Acarol. Res.* 49 : 109–115.
- Déthiollaz S., 2003.** La ricine, une arme biologique. *Proline Numéro 8*, pp 1-4.
- DeVries Z. C., R. G., Santangelo J., Crissman A., Suazo M. L., Kakumanu., Schal C., 2019.** Pervasive resistance to pyrethroids in German cockroaches (Blattodea: Ectobiidae) related to lack of efficacy of total release foggers. *J. Econ. Entomol.* 112: 2295–2301.
- Dhadialla T. S., Retnakaran A., Smagge G., 2005** Insect growth- and development- disturbing insecticides, *in*: L.I. Gilbert, K. Latrou, S.S. Gill (Ed), *Compreh. Mol. InsectS, Elsevier-Pergamon, Oxford, UK, 6, 55-115.*
- Dowds B.C.A., and Peters A., 2002.** “Virulence mechanism,” *in R. Gaugler (ed) Entomopathogenic Nematodes*, CABI Publishing, Wallingford, UK, 99-114.
- Dumeignil F., 2012.** Propriétés et utilisation de l’huile de ricin. *OCL*, 19 (1): 10-15.
- Durier V., Rivault C., 2000.** Comparisons of toxic baits for controlling the cockroach, *Blattella germanica*: attractiveness and feeding stimulation. *Med. Vet. Entomol.* 14, 410-418.
- Ebeling W., 1978.** Urban Entomology. The Regents of the University of California, Sacramento, CA. 695 pp.
- El Ouali Lalami A., EL-Akhal F., Ouedrhiri W., Ouazzani C. F., Guemmouh R., Greche H., 2013.** Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de deux plantes aromatiques du centre nord marocain : *Thymus vulagris* et *Thymus satureioidis*. *Les technologies de laboratoire*, 8 : 27-33.
- Elie M. P., 1998.** Blattes : une vie cachée. *QUEA SCIENCE*, 37, 12-14.
- Elimam A.M., Elmalik K.H., Ali F.S., 2009.** Larvicidal, adult emergence inhibition and oviposition deterrent effects of foliage extract from *Ricinus communis* L against *Anopheles arabiensis* and *Culex quinquefasciatus* in Sudan. *TropBiomed* 26(2):130–139.
- El-Naggar M.H., Abdel Bar F.M., Choudhary H., Javadi M., Shimizu, K., Kunnumakkara, A.B., Badria, F.A.** Synthesis of new selective cytotoxic ricinine analogues against oral squamous cell carcinoma. *Nat. Prod. Res.* (2019).
- Fabre R., Truhaut R., Viel G., 1954.** Considérations générales sur la toxicologie des produits phytopharmaceutiques (pesticides). 1954; 5: 177-198.
- FAO, 2007.** Food and Agriculture Organization of the United Nations - for a world without hunger, p 67.

- Farid A., Maid Zaman M. S., Khan M., 2015.** Evaluation of boric acid as a slow-acting toxicant against subterranean termites (Heterotermes and Odontotermes). *J. Entomol Zool Stud* 3(1), 213-216
- Ferji Z., Mayad E.H., Hassani B.C.L.I., 2006.** Étude in vitro du potentiel nématocide de quelques extraits de plantes médicinales.
- Ferraz A.C., Angelucci M.E.M., Da Costa M.L., Batista I.R., de Oliveira B.H., da Cunha C., 1999.** Pharmacological evaluation of ricinine, a central nervous system stimulant isolated from *Ricinus communis*. *Pharmacol. BiochemBehav* 63:367–375.
- Finney D. J., 1971.** *Probit Analysis: 3d Ed.* Cambridge University Press, London, p38.
- Fisher R.A., Yates F., 1975.** Student's t-test of significance. *Statistical tables for agricultural, biological and other research workers.* Edinburgh: Oliver and Boyd, 157.
- Fort D.J., Stover E.L., Bantle J.A., Dumont J.N., Finch R.A., 2001.** Evaluation of a reproductive toxicity assay using *Xenopus laevis*: boric acid, cadmium and ethylene glycol monomethyl ether. *J. Appl. Toxicol.* 21(1), 41-52.
- Franke R., Scholl R., Aigner A., 2019.** Ricin and *Ricinus communis* in pharmacology and toxicology- from ancient use and “Papyrus Ebers” to modern perspectives and “poisonous plant of the year 2018”. *Naunyn-Schmiedeberg's archives of pharmacology*, 1-28. p. 1181-1208.
- Fulton M.H., Key P.B., 2001.** Acetylcholinesterase inhibition in estuarine fish and invertebrates as an indicator of organophosphorus insecticide exposure and effects. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal* 20 (1), 37-45.
- Gage E., Hernandez MO., O'Hara J.M., McCarthy E.A., Mantis N.J., 2011.** Role of the mannose receptor (CD206) in innate immunity to ricin toxin. *Toxins* 3(9):1131–1145.
- Gaire S., Scharf M. E., Gondhalekar A.D., 2019.** Toxicity and neurophysiological impacts of plant essential oil components on bed bugs (Cimicidae: Hemiptera). *Sci. Rep.* 9: 3961.
- Gal Y., Mazor O., Alcalay R., Seliger N., Aftalion M., Sapoznikov A., Falach R., Kronman C., Sabo T., 2014.** Antibody/doxycycline combined therapy for pulmonary ricinosis: Attenuation of inflammation improves survival of ricin-intoxicated mice. *Toxicol. Rep.* 1, 496–504.
- García J. J.G., Bartolomeá –zavala., Del mar M.T., Barceloá –Munãoz J.M., Fernã S., Negro-Carrasco M.A., Carmona-Bueno M.J., Vega-Chicote J.M., Munãoz-Romaã G., Palacios-Pelaãez R., Cabezudo-artero., Martiãnez-Quesada J., 1999.** Pollinosis to *Ricinus communis* (castor bean): an aerobiological, clinical and immunochemical study. *Clin. Experim. Allerg.* 29: 1265- 1275.
- Garfield E., 1990.** The cockroach connection. Ancient, seemingly indestructible Pest. *Part 2.* *Population control. Current comments.*, 46 : 5-13.
- Gaudin O., 1937.** Recherches sur l'Action Physiologique des Pyrethrine. *VigotFeres* (1937).

- Ghnimi W., Dicko A., Khouja M.L., El Ferchichi O.H., 2014.** Larvicidal activity, phytochemical composition, and antioxidant properties of different parts of five populations of *Ricinus communis* L. *Ind. Crop.* 56, 43-51.
- Ghrabi Z., 2005.** A Guide to Medicinal Plants in North Africa. IUCN Center of Mediter-ranean Cooperation, *Malaga, Spain*, p. 199.
- Ghramh H.A., Khan, K.A., Ibrahim, E.H., Setzer, W.N., 2019.** Synthesis of gold nanoparticles (AuNPs) Using *Ricinus communis* leaf ethanol extract, their characterization, and biological applications. *Nanomaterials.* 9,765.
- Gordon D. G., 1996.** The compleat cockroach: a comprehensive guide to the most despised and Least Understood. *Creature on Earth. Ten speed pressm Berkely. Springer Science & Business* 178 p.
- Goyal M., Shinde L., Bayas R., 2019.** Study of chemical composition and larvicidal efficacy of secondary metabolites from aromatic phytoextracts against dengue vector: *Aedes aegypti* L (Diptera: Culicidae). *Int. J. Mosquito Res*, 6: 26-33.
- Grace Q. C., Charlotta T., Xiaohua H., Tasha N., Thomas A. M., Laudencia-Chingcuanco D., 2007.** Expression Profiles of Genes Involved in Fatty Acid and Triacylglycerol Synthesis in Castor Bean (*Ricinus communis* L). *JAOCS Lipids.* 42: 263–274.
- Grandcolas P., 1996.** The phylogeny of cockroach. Families a cladistic appraisal of morpho-anatomical data. *Canadian journal of Zoology*, 74: 508-527.
- Grandcolas P., 1998.** The evolutionary interplay of social behaviour, resource use and antipredator behavior in Zetoborinae, Blaberinae, Gyninae and Diplopterinae cockroaches: a phylogenetic analysis. *Cladistics*, 14 : 117-127.
- Grandcolas P., 1998.** Les blattes. Organisation mondiale de santé. Bureau regional de l'europe. 24P.
- Greathead D.J., Kooyman C., Launois-Luong M.H., Popov G.B., 1994.** Les ennemis naturels des criquets du Sahel. Ministère des Affaires étrangères des Pays-Bas et CIRAD-GERDAT-PRIFAS.
- Greenwood J. S., Helm M., Gietl C., 2005.** Ricinosomes and endosperm transfer cell structure in programmed cell death of the nucellus during *Ricinus* seed development. *Proc Natl Acad Sci . U S A* 102:2238–2243.
- Guillaumin M., Renoux J., Stockman R., 1969.** La blatte : *Blabera fusca* Br. Edition Doin 1. *Paris.* Vol I : 67 pp.
- Guillaumin M., Renoux J., Stockman R., 1969.** La blatte. *Editions Doin.*

- Gutierrez A.C., Golebiowski M., Pennisi M., Peterson G., Garcia J.J., Manfrino R.G., López Lastra C.C., 2015.** Cuticle fatty acid composition and differential susceptibility of three species of cockroaches to the entomopathogenic fungi *Metarhiziumanisopliae* (Ascomycota, Hypocreales). *J. Econ. Entomol.* 108, 752-760.
- Habbachi S., Amri N., Habbachi W., Benhissen S., Tahraoui A., 2019.** Toxic effects of *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) aqueous extracts on mortality and sexual behavior of *Drosophilamelanogaster* (Diptera: Drosophilidae). *J Anim Behav Biometeorol*, 7 :137-143
- Habbachi W., 2013.** Etude des Blattellidae (Dictyoptera) : Essais Toxicologiques, Synergie et Résistance aux Insecticides et aux Biopesticides. Thèse Doctorat en Biologie Animale. Université d'Annaba, Algérie. 185 p.
- Habes D., Kilani-Morakchi S., Aribi N., Farine J. P., Soltani N., 2001.** Toxicity of boric acid to *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae) and analysis of residues in several organs. *Med Fac. Landbouww. Univ. Gent*, 66/2a.
- Habes D., Kilani-Morakchi S., Aribi N., Farine J.P., Soltani N., 2006.** Boric acid toxicity of the German cockroach, *Blattella germanica*: Alterations in midgut structure, and acetylcholinesterase and glutathione S-transferase activity. *Pestic. Biochem. Physiol*, 84, 17-24.
- Habes D., Messiad R., Gouasmia S., Grib L., 2013.** Effects of an inorganic insecticide (boric acid) against *Blattella germanica*: Morphometric measurements and biochemical composition of ovaries. *Afric. J. Biotech*, 12(18), 2492-2497.
- Hall SM., Medlow G.C., 1974.** Identification of IAA in phloem and root pressure saps of *Ricinus communis* by mass spectrometry. *Planta*. 119: 257-1.
- Hamaidia H., Soltani N., 2019.** Compensation of kinoprene effect on reproduction of *Culex pipiens* by methoxyfenozide, an ecdysone agonist. *JEntomolRes*. 43(2):125-130.
- Hammiche V., Merad R., Azzouz M. 2013.** *Plantes toxiques à usage médicinal du pourtour méditerranéen*. Paris. 2013 ; 391 p.
- Han R., Ehlers R.U., 2000.** Pathogenicity, development, and reproduction of *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernemacarpocapsae* under axenic in vivo conditions. *J. Invertebr. Pathol.* 75, 55-58.
- HAROUNA M.A., Baoua I., Lawali S., Tamò M., Amadou La., Mahamane S., Pittendrigh B., 2019.** Essai comparatif de l'utilisation des extraits du Neem et du virus entomopathogène *MaviNPV* dans la gestion des insectes ravageurs du niébé en milieu paysan au Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(2): 950-961.
- Hartley M.R., Lord J.M., 2004.** Cytotoxic ribosome-inactivating lectins from plants. *Biochim Biophys Acta* 1701:1-14.

- Harvey J. H., 1947.** in John Evelyn's "Elysium Britannicum" and *European Gardening* (Eds T. O'Malley, J. Wolschke-Bulmahn), Vol. 17, pp. 1787–1949 (Harvard University: Washington, DC).
- Hasch J.J., Zumofen M., 1999.** Notions d'hygiène hospitalière. 210 pp.
- Hassan Y., Ogg S., Ge H., 2018.** Expression of novel fusion antiviral proteins ricin a chain-pokeweed antiviral protein (RTA-PAPs) in *Escherichia coli* and their inhibition of protein synthesis and of hepatitis B virus in vitro. *BMC Biotechnol* 18(1):47.
- Hauptmann H., Mühlbauer G., Sass, H., 1986.** Identifizierung und synthese von periplanon *A. Tetrahedron. lett*, 27(51), 6189-6192.
- Heinrich M., Teoh H.L., 2004.** Galanthamine from snowdrop. the development of a modern drug against Alzheimer's disease from local Caucasian knowledge. *J. Ethnopharmacol.*; 92:147-162.
- Hemingway J., Dunbar S.J., Monro A.G., Small G.J., 1993.** Pyrethroid resistance in German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae): Resistance levels and underlying mechanisms. *Journal of Economic Entomology* 86, 1631–1638.
- Huang K., Zhang D., Ren J. J., Dong R., Wu H., 2020.** Screening of the Repellent Activity of 12 Essential Oils Against Adult German Cockroach (Dictyoptera: Blattellidae): Preparation of a Sustained Release Repellent Agent of Binary Oil- γ -CD and its Repellency in a Small Container. *Journal of Economic Entomology*.
- Hutchinson R., 1999.** Insectes. (Hons). *D. P. LSH & TM. M. Sc.* 126 P.
- Ilavarasan R., Mallika M., Venkataraman S., 2005.** Anti-inflammatory and free radical scavenging activity of *Ricinus communis* root extract. *J. Ethnopharmacol*, 033: 478-80.
- Ilavarasan, R., Moni Subramanian M., Venkataraman., 2006.** Anti-inflammatory and free radical scavenging activity of *Ricinus communis* root extract. *J. Ethnopharmacol.* 103: 478–480.
- Ivan A., 1998.** Chemical constituents, traditional and modern uses. In: *Medicinal plants of the world*. Totowa, New Jersey, *Ross Humana Press Inc*, p. 375–95.
- Jacobs S., 2013.** German cockroaches. The Pennsylvania State University.
- Jena J., Gupta A.K., 2012.** *Ricinus communis* L: A phytopharmacological review. *Int. J. Pharm. Sci.*, 4(4): 25-29.
- Jiang H., Zhang J.M., Wang J.P., Yang B., Liu C.F., Lu J., Hu Y.Y., 2007.** Genetic engineering of *Periplaneta fuliginosa* densovirus as an improved biopesticide. *Arch. Virol.* 152, 383-394.
- Jumat S., Nadia S., Emad Y., 2010.** Biolubricant basestocks from chemically modified ricinoleic acid. *J. King Saud University (Science)* .xxx: xxx–xxx.
- Kadambi K., Dabral S.N., 1955.** The silviculture of *Ricinus communis* L. *Ind. Forester.* 8(1):53-58.

- Kang S.S., Cordell G.A., Soejarto D.D., Fong H.H.S., 1985.** Alkaloids and flavonoids from *Ricinus communis*. *JNatProd* 48(1): 155–156.
- Kassiri H., Zarrin M., Veys-Behbahani R., 2018.** Pathogenic fungal species associated with digestive system of *Periplaneta americana* (Blattaria: Blattidae) trapped from residential dwellings in ahvaz city, southwestern iran. *J. ArthropodBorne Dis.*12, 16-23.
- Kassiri, H., Zarrin, M., Veys-Behbahani, R., 2018.** Pathogenic fungal species associated with digestive system of *Periplaneta americana* (Blattaria: Blattidae) trapped from residential dwellings in ahvaz city, southwestern iran. *J. ArthropodBorneDis.*12, 16-23.
- Kaya H.K., Gaugler R., 1994.**Entomopathogenic nematodes. *Annual review of entomology* 38 (1), 181-206.
- Kehail M.A.A., Bashir N.H.H., Abdelrahman E.E., Abdelrahim A.M., 2017.** Larvicidal activity of three plants powders and aqueous extracts on *Anopheles* and *Culex quinquefasciatus* mosquito larvae (Diptera: Culicidae). *International Journal of Mosquito Research*, 4(4): 37-41.
- Khogali A., Barakat S., Abou-Zeid H., 1992.** Isolation and identification of the phenolics from *Ricinus communis* L. *DeltaJSci* 16: 198–211.
- Knight J., 1894.** in *Guides to Growers* (Ed. Department of Agriculture, Victoria), No. 13, pp. 1–8 (Government of Victoria: Melbourne).
- Koehlen P.G. & Patterson R.S.,1987.** The Asian roach invasion. *NaturalHistory*, 96 (11): 28-35.
- Kopferschmitt J., Flesch F., Lugnier A., Sauder P.H., Jaeger A., Mantz J.M., 1983.** Acute voluntary intoxication by ricin. *HumToxicol*, 2: 239-42.
- Korichi-Almi A., Bissati-Bouafia S., Bensalah K., Korichi R., 2016.** Effets de l'extrait aqueux de *Cleome arabica* sur les larves de premier stade d'*Ectomyeloisceratoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae). *Rev Bio Ress*, 6:62-69.
- Kramer R., Brenner R., 2009.** Cockroaches (Blattaria). In: Mullen GR, Durden LA (eds) Medical and veterinary entomology. *AcademicPress, Cambridge*, pp 43–56.
- Kreitman R.J., Pastan I., 2006.** Immunotoxins in the treatment of hematologic malignancies. *Curr Drug Targets* 7(10): 1301–11.
- Kristensen M., Hansen K.K., Jensen K. M. V., 2005.** Cross resistance between Dieldrin and Fipronil in German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *J. Econ. Entomol*, 98(4), 1305-1310.
- Lagnika L., 2005.** Etude phytochimique et activité biologique de substances naturelles isolées de plantes béninoises. Thèse doctorat Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- Lai, K. M., 2017.** Are Cockroaches an Important Source of Indoor Endotoxins? *IntJEnvironResPublicHealth* 14, E91.

- Lappi D.A., Kapmeyer W., Beglau J.M., Kaplan N.O., 1978.** The disulfide bond connecting the chains of ricin. *Proc Natl Acad Sci U S A* 75:1096–1100.
- Lendent C., Mairesse M., 2008.** Rural allergy. *Rev. Franç. Allergol. Immunol. Clin.* 48(2) :109-110.
- Leo W. D. V. R., Vancutsem J., Jan Sten J., 2009.** A survey on the presence of undesirable botanical substances in feed in the European Union. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*13(S):33-38.
- Liang D., McGill J., Pietri J. E., 2017.** Unidirectional cross-resistance in German cockroach (Blattodea: Blattellidae) populations under exposure to insecticidal baits. *J. Econ. Entomol.* 110: 1713–1718.
- 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.
- Ling S.Q., Xu Y.N., Gu Y.P., Liu S.Y., Tang W.W., 2018.** Toxicity and biochemical effects of itol A on the brown planthopper, *Nilaparvatalugens* (Stål) (Hemiptera:Delphacidae). *Pestic. Biochem. Physiol.*152, 90-97.
- Linnaeus C.V., 1767.** System nature *Systema Naturae per Regna Tria Naturæ, secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis.* Editio Duodecima, Reformata. Impensis Direct. ed.12, vol 02, Pt. 2, Salvii, Holmiae, Sweden. pp. 533-1327.L.
- Linné C.V., Engel-Ledeboer M.S.J., Engel H., 1735.** *Systema Naturae, Genus Homo 1, 1964.*
- Little E.L., Woodbury R.O., Wadsworth, F.H., 1974.** Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Agriculture Handbook. 449. U.S. Depart. Agricul. *Forest. Serv. Washington, DC.* 2.
- Liu X.C., Liu Q., Chen H., Liu Q.Z., Jiang S.Y., Liu Z.L., 2015.** Evaluation of contact toxicity and repellency of the essential oil of Pogostemon cablin leaves and its constituents against *Blattellagermanica* (Blattodeae: Blattellidae). *J. Med. Entomol.* 52, 86-92.
- Lopez C. J., Esparza-Diaz G., Jiménez J.A.V., Acosta F.O., Virils G.O., Diaz E.C., 2010.** Azadirachtin concentration, insecticide efficacy and phytotoxicity of four neem *Azadirachta indica* A. Juss. *Extracts. Agrociencia (Montecillo)* 44 (7), 821-833,
- Lopez Nunez O. F., Pizon A. F., Tamama K., 2017.** Ricin poisoning after oral ingestion of castor beans: a case report and review of the literature and laboratory testing. *J Emerg Med* 53(5): e67–e71.
- López-Ordaz P., Chanona-Pérez J.J., Perea-Flores M.J., Sánchez-Fuentes C.E., Mendoza-Pérez J.A., Arzate-Vázquez I., Yáñez-Fernández J., Torres-Ventura, H.H., 2019.** Effect of the extraction by thermosonication on castor oil quality and the microstructure of its residual cake. *Ind. Crops Prod.* 141, 111760.
- Lord J. M., Spooner R. A., 2011.** Ricin trafficking in plant and mammalian cells. *Toxins* 3:787–801

- Lord M.J., Jolliffe N.A, Marsden C.J., 2003.** Ricin. Mechanisms of cytotoxicity. *ToxicolRev*, 22: 53-64.
- Lorenzo F., Lynne M. R., 1998.** The enemy within: ricin and plant cells. *Experim. Bot.* 49 (326):1473– 1480.
- Lyon W. F., 1997.** German cockroach. Ohio State University Extension Fact Sheet Entomol.
- Macedo M. L. R., Oliveira C. F. R., Oliveira C. T., 2015.** Activity of plant lectins and potential application in crop protection. *Molecules*, 20, 2014–2033. [CrossRef]
- Madhiyazhagan P., Nareshkumar A., Umavathi S., Villavan R., Murugan K Vijay C., 2020.** Water purification and larvicidal activity of seed extract, *Momordicacharantia*. *GSCAdvancedResearchandReviews*, 2(1), 01-09.
- Maiza A., Aribi N., Smagghe G., Kilani-Morakchi S., Bendjedid M., Soltani N., 2013.** Sublethal effects on reproduction and biomarkers by spinosad and indoxacarb in cockroaches *Blattella germanica*. *Bull. Insectol*, 66(1), 11-20.
- Malathi B., Ramesh S., Venkateswara K. R., Dashavantha V. R., 2006.** *Agrobacterium*-mediated genetic transformation and production of semilooper resistant transgenic castor (*Ricinuscommunis* L.). *Euphytica*. 147: 441–449.
- Mandal S., 2010.** Exploration of larvicidal and adult emergence inhibition activities of *Ricinus communis* seed extract against three potential mosquito vectors in Kolkata, India. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, Volume 3, Issue 8, Pages 605-609.
- Mantzoukas S., Georgia K., Magita A., Eliopoulos E. A., Poulas K., 2020.** Leguminous Seeds Powder Diet Reduces the Survival and Development of the Khapra beetle, *Trogodermagranarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae). *Biology*, 9, 204.
- Mário M., Espírito S., 2007.** Secondary seed dispersal of *Ricinuscommunis* Linnaeus (Euphorbiaceae) by ants in secondary growth vegetation minas gerais. *R. ÁrvoreViçosa-MG*. 31(6):1013-1018.
- Maroyi A., 2007.** *Ricinuscommunis* L. In: van der Vossen, H.A.M. & Mkamilo, G.S. (Editeurs). PROTA 14: Vegetable oils/Oléagineux. PROTA, Wageningen, PaysBas.
- Martin L.J., Adams R.I., Bateman A., 2015.** Evolution of the indoor biome. *TrendsEcolEvol* 30(4):223–232.
- Mary O., Amdur., 2000.** The basic Science of poisons. Casarett and Doull's toxicology. History of Agriculture. *PergamonPressInc*.p.325.
- Memona H., Manzoor F., Anjum A.A., 2014.** Cockroaches (*Periplanetaamericana* L. and *Blattellagermanica*) as potential vectors of nosocomial infections in hospitals of Lahore, *Pakistan. Biol.* 60: 295–297.
- Mensah M.B., Awudza JAM., O'Brien P., 2018.** Castor oil: a suitable green source of capping agent for nanoparticle syntheses and facile surface functionalization. *RSocOpenSci* 5:180824.

- Montalva C., Collier K., Rocha L.F.N., Inglis P.W., Lopes R.B., Luz C., Humber R.A., 2016.** A natural fungal infection of a sylvatic cockroach with *Metarhiziumblattodeae* sp. nov., a member of the *M.flavoviride* species complex. *FungalBiol.* 120, 655-665.
- Montfort W., Jesus E. V., Arthur F. M., Stephen R. E., Betsy Katzing., Earl,R., Nuyhen H. X., R on Hamlin., Robertus J.D., 1987.** The Three-dimensional Structure of Ricin at 2.8 Å. *Biolog. chemist.* 262(11):5398-5403.
- Morakchi S., Maïza A., Farine J. P., Aribi, N., Soltani N., 2005.** Effects of a neonicotinoid insecticide (acetamiprid) on acetylcholinesterase activity and cuticular. hydrocarbons profil in German cockroaches. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci,* 70(4), 843-8.
- Mourier A., 2014.** Lutte intégrée contre deux insectes synanthropes : *Blatella germanica* et *Cimex lectularius*. Apports de l'écologie scientifique pour le conseil à l'officine. Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Bordeaux, France. 101 pp.
- Mukha D.V., Chumachenko A.G., Dykstra M.J., Kurtti T.J., Schal C., 2006.** Characterization of a new densovirus infecting the german cockroach, *Blattellagermanica*. *J. Gen. Virol.* 87, 1567-1575.
- Mullins J. F., Kirk J.M., Shapiro E.M., 1955.** Chloroquine treatment of lupus erythematosus. *SouthernSouthern medical journal,* 48 (7), 732.
- N'guessan K., Kadja B., Zirihi G., Traoré D., Aké-Assi L., 2009.** Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire). *Sciences & Nature,* 6(1): 1-15.
- Naqqash M. N., Gokce A., Bakhsh A., Salim M., 2016.** Insecticide resistance and its molecular basis in urban insect pests. *ParasitolRes* 115(4):1363–1373.
- Naseem M., Sadaf S., Bibia S., Habib-ur-Rehman., Mehmood-ul-Hassan., Aziz S., Ullah I., 2019.** Evaluation of a NIAB Gold castor variety for biodiesel production and bio-pesticide. *Industrial Crops & Products,* 130, 634–641.
- Nasirian H., 2017.** Contamination of cockroaches (Insecta: Blattaria) to medically fungi: a systematic review and meta-analysis. *J. Mycol. Med.* 27: 427–448.
- Nasirian H., Salehzadeh A., 2019.** Control of cockroaches (Blattaria) in sewers: a practical approach systematic review. *J. Med. Entomol.* 56:181–191.
- Nasirian, H. 2017.** Contamination of cockroaches (Insecta: Blattaria) to medically fungi: a systematic review and meta-analysis. *J. Mycol. Med.* 27: 427–448.
- Nayduch D., Zurek K., Thomson J.L., Yeater K.M., 2018.** Effects of bacterial dose and fly sex on persistence and excretion of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium from adult house flies (*Musca domestica* L.; Diptera: Muscidae). *J. Med. Entomol.* 55: 1264–1270.

- Neupane A. C., Sapakuka S., Tao P., Kafle L., 2020.** Repellancy and contact toxicity of clove bud oil and its constituents against German cockroaches, *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae), under laboratory conditions. *International Journal of Pest Management*, 66(4), 289-297.
- Newman D.J., 2012.** The bryostatins. In: Cragg GM, Kingston DGI, Newman DJ, eds. *Anticancer Agents from Natural Products*. Boca Raton: Taylor and Francis, 199–218.
- Ngo T.N., Nguyen T.T., Bui, D.T.T., Hoang N.T.M., Nguyen T.D., 2016.** Effects of ricin extracted from seeds of the castor bean (*Ricinus communis*) on cytotoxicity and tumorigenesis of melanoma cells. *Biomed. Res. Ther*, 3, 633–644.
- Nishiwaki H., Ito K., Otsuki K., Yamamoto H., Komai K., Matsuda K., 2004.** Purification and functional characterization of insecticidal sphingomyelinase C produced by *Bacillus cereus*. *Eur. J. Biochem*. 271, 601-606.
- Nishiwaki H., Nakashima K., Ishida C., Kawamura T., Matsuda K., 2007.** Cloning, functional characterization, and mode of action of a novel insecticidal pore-forming toxin, sphaericolysin, produced by *Bacillus sphaericus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 73, 3404-3411.
- Nweke I.A., Mbah C.N., Oweremadu E.U., Dambaba N., Orji E.C, Ekesiobi AI, Nnabuife ELC., 2017.** Soil pH, available P of an ultisol and castor performance as influenced by contrasting tillage methods and wood ash, *Afr. J Agric. Res.* 12(8): 606-616.
- Ogunniyi, D., 2006.** Castor oil: a vital industrial rawmaterial. *Bioresource Technology* 97, 1086–1091.
- Oladipupo S.O., hu X.P., Appel A.G., 2020.** Topical Toxicity Profiles of Some Aliphatic and Aromatic Essential Oil Components Against Insecticide-Susceptible and Resistant Strains of German Cockroach (Blattodea: Ectobiidae). *Journal of Economic Entomology*, 113: 896–904.
- Olaifa J.I., Matsumura F., Zeevaart J.A.D., Mullin C.A., Charalambous, P., 1991.** Lethal amounts of Ricinine in green peach aphids (*Myzus persicae*) (suzler) fed on castor bean plants. *Plant Sci*, 73, 253–256.
- Olsnes S., 2004.** *Toxicon*, 44, 361.
- Olsnes S., Sandvig K., Refsnes K., Pihl A., 1976.** Rates of defferent steps involved in the inhibition of protein synthesis by the toxic lectins abrin and ricin. *J. Biol, Chem.* 251, 3985•3992.
- Ombrello T., 2000.** Castor been plant. Plant of the week, Biology Department Union County Colleges Cranford Campus (online).
- Pachamuthu P., Kamble S.T., Yuen G.Y., 1999.** Virulence of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) strain ESC-1 to the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) and its compatibility with insecticides. *J. Econ. Entomol.* 92, 340-346.
- Pan V.A., Schmolz E., Krücken J., Kuhn C., 2019.** A novel simulated-use test for determining the efficacy of insecticides against bed bugs (Hemiptera: Cimicidae). *J. Econ. Entomol.* doi:10.1093/jee/toz123.

- Pan X., Zhang F., 2019.** Advances in biological control of the German cockroach, *Biol. Control*, 142, 104104.
- Patel S., Meher B. R., 2016.** A review on emerging frontiers of house dust mite and cockroach allergy research. *Allergol. Immunopathol.* 44: 580–593.
- Patel V.R., Dumancas G.G., Viswanath L.C.K., Maples R, Subong B.J.J., 2016.** Castor Oil: Properties, Uses, and Optimization of Processing Parameters in Commercial Production. *J. Lipid Insights*, 9 : 1–12.
- Paul C.J., Van R., Lynell K. T., 1999.** The contribution of extrafloral nectar to survival and reproduction of the predatory mite *Iphiseius degenerans* on *Ricinus communis*. *Exper. Appl. Acarol.* 23: 281–296.
- Payal S., Khan M., Kumar O., Vijayaraghavan R., 2010.** Purification, characterization and toxicity profile of ricin isoforms from castor b *Fd Chem. Toxicol.* 48: 3171–3176.
- Peter H.R., Franklin E.R., Eichhorn S.E., Bouharmont J., 1999.** *Biologie végétale*, pp 305-308.
- Peterson R.K., Shurdut B.A., 1999.** Human health risks from cockroaches and cockroach management: a risk analysis approach. *Am Entomol* 45(3):142–148.
- Phambala K., Tembo Y., Kasambala T., Kabambe V. H., Stevenson P. C., Belmain S. R., 2020.** Bioactivity of common pesticidal plants on fall armyworm larvae (*Spodoptera frugiperda*). *Plants*, 9, 112.
- Phillips AK., Appel AG., Sims SR., 2010.** Topical toxicity of essential oils to the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *Journal of Economic Entomology* 103: 448-459.
- Polito L., Djemil A., Bortolotti M., 2016.** Plant Toxin-Based Immunotoxins for Cancer Therapy: A Short Overview. *Biomedicines*, 4, E12.
- Polvèche, V. 1996.** La culture de ricin en Europe. *Ingénieries-EAT.* 6: 49-58.
- Pomés A., Mueller G. A., Randall T. A., Chapman M. D., Arruda L. K., 2017.** New insights into cockroach allergens. *Curr Allergy Asthma Rep.* 17, 25.
- Pomés A., Mueller G. A., Randall T. A., Chapman M. D., Arruda, L. K., 2017.** New insights into cockroach allergens. *Curr Allergy Asthma Rep.* 17, 25.
- Poonam S., Prachi A., Krishna Murali Y., Vibha T., 2008.** Antidiabetic activity of 50% ethanolic extract of *Ricinus communis* and its purified fractions. *Fd Chem. Toxicol.* 46 : 3458–3466.
- Prat R., Michèle M., Vonarx V., 2005.** Les Fruits: Le Ricin: une capsule déhiscente. *Biologie et multimédia*, pp 15-17.
- Qureshi R., Waheed A., Arshad M., Umbreen T., 2009.** Medico-ethnobotanical inventory of Tehsil Chakwal, Pakistan. *Pak. J. Bot.*, 41(2) : 529-538.

- Raga A., Silva S. B., Louzeiro L., R., F., Marques de Sousa E., 2020.** Larvicidal and Adulticidal Activities of Neem Oil against *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Tephritidae). *European Journal of Medicinal Plants*, 31(10), 44-51.
- Rahayu, R., Madona W. R., Bestari W., Jannatan., 2016.** Resistance monitoring of some commercial insecticides to German cockroach (*Blattella germanica* (L.) in Indonesia. *J. Entomol. Zool. Studies* 4: 709–712.
- Rahuman A.A., Gopalakrishnan G., Venkatesan P., Geetha K., 2008.** Larvicidal activity of some Euphorbiaceae plant extracts against *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Parasitol Res* 102:867–873.
- Ramos-López M.A., Pérez S., Rodriguez-Hernández G.C., Guevara-Fefer, Zavala- Sanchez M.A., 2010.** Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *African Journal of Biotechnology*, 11:4274–4278
- Ramprasad R., Bandopadhyay R., 2010.** Future of *Ricinus communis* after completion of the draft genome sequence. *Curr. sci.* 99(10): 1316-1318.
- Rana M., Dhamija H., Prashar B., Sharma S., 2012.** *Ricinus communis* L. –a review. *Int. J. PharmacolRes*, 4(4):1706–1711
- Rao M. U., Sreenivasulu M., Chengaiah B., Jaganmohan Reddy K., Madhusudhana Chetty C., 2010.** Herbal Medicines for Diabetes Mellitus: A Review. *Int. J. Pharm. Tech. Res.* 2(3): 1883-1892.
- Rao P.V., Jayaraj R., Bhaskar A.S., Kumar O., Bhattacharya R, Saxena P., Dash P.K, Vijayaraghavan R., 2005.** Mechanism of ricin-induced apoptosis in human cervical cancer cells. *BiochemPharmacol* 69: 855–865.
- Regnault-Roger C., Philogène B.J.R., Vincent C., 2005.** Biopesticides of Plant Origin. *Biopesticides of Plant Origin*.
- Rehn J.A.G., 1945.** Man's uninvited fellow - traveller - the cockroach. *Scientific Monthly*. 61:265–276.
- Rivault C., Cloarec A., 1993.** a. Le Gruyader A: Bacterial load of cockroaches in relation to urban environment. *C. EpidemiologyandInfection* 1993, 110:317-325.
- Robert Koch-Institut., 2017.** RKI guide for doctors: ricin intoxication. *EpidBull* 32:315–321.
- Rossi G.D., Santos C.D., Carvalho G.A., Alives D.S., Pereira L.S., Carvalho G.A., 2012.** Biochemical analysis of castor bean leaf extract and its insecticidal effect against *Spodopterafrugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotrop. Entomol.* 41: 503-509.
- Rossi G.G.D., Santos C.D., Cardoso M.G., Corrêa A.D., Abreu C.M.P., Paiva L.V 2010.** Coffee bean miner bug trypsin inhibition by a non-protein factor present in extracts of castor leaves, 34:361–366.
- Roth L.M., Willis E.R., 1957.** The medical and veterinary importance of cockroaches. *SmithsonMiseCollect.*, 134, 1-147.

- Roth M. L., 2003.** “Systematics and Phylogeny of Cockroaches (Dictyoptera: Blattaria). *Orient. Insect.* 37 : 1–186.
- Rousset P., 2008.** Guide technique pour une utilisation énergétique des huiles végétales, Brésil: *Cirad*.288p.
- Roy C.J., Song K., Sivasubramani, S.K., Gardner D.J., Pincus, S.H., 2012.** Animal models of ricin toxicosis. *Curr. Top. Microbiol. Immunol.* 2012, 357, 243–257. [PubMed]
- Rust M. K., Owens J. M. & Reiersen D. A., 1995.** Understanding and Controlling the German Cocroache. New York Oxford. Oxford University Press., 265p.
- Salgado V. L., Saar R., 2004.** Desensitizing and non-desensitizing subtypes of alpha-bungarotoxin-sensitive nicotinic acetylcholine receptors in cockroach neurons. *J. insect. physiol*, 50(10), 867-879.
- Sandvig K., Skotland T., van Deurs B., Klokk T.I., 2013.** Retrograde transport of protein toxins through the Golgi apparatus. *Histochem CellBiol* 140:317–326.
- Sawczyn T., Dolezych B., Klosok M., Augustyniak M., Stygar D., Buldak R. J., Kuklaa M., Michalczykb K., Karcz-Sochaa I., Zwirska-Korczała K., 2012.** Alteration of carbohydrates metabolism and midgut glucose absorption in *Gromphadorhina portentosa* after subchronic exposure to imidacloprid and fenitrothion. *J. Envir. Sc. Heal, Part A*, 47(11), 1644-1651.
- Scarpa A., Guerci A., 1982.** Various uses of the castor oil plant (*Ricinuscommunis* L.): a review. *J Ethnopharmacol* 5:117–137.
- Schal C., Gautier J.Y. et Bell W.J., 1984.** Behavioral ecology of cockroaches. *Biol*, 59: 209-254.
- Schrader H.S., 1948.** *Cytologyofcoccids* (Soccoidea-Homoptera). *Advan. Genet.* 2:12
- SeifertJ., Stollberg J., 2005.** Antagonism of a neonicotinoid insecticide imidacloprid at neuromuscular receptors. *Environmental toxicology and pharmacology* 20 (1), 18-21.
- SeverinoL.S., AuldD.L., 2013.** A framework for the study of the growth and development of castor plant. *IndustrialCropsandProducts* 46, 25–38.
- Severino L.S., Auld D.L., Baldanzi M., M., Cândido M.J.D., ChenG., Crosby W., TanD., He X., Lakshamma P., Lavanya C., Machado O.L.T., MielkeT., Milani, M., Miller, T.D., Morris, J.B., Morse, S.A., Navas, A.A., Soares, D.J., Sofiatti, V., WangM.L., Zanotto M.D., ZielerH., 2012.** A review on the challenges for increasedproduction of castor. *AgronomyJournal* 104, 853–880.
- Sharma S., Vasudevan P., Madan M., 1990.** Insecticidal value of castor (*Ricinuscommunis* L.) against termites. *Int. Biodeterior.*, 27, pp 249-254.
- Sharma., Khan T., Absar, M., 2012.** Toxic effect of neem (*Azadirachtaindica*) extracts against the eggs and adults of *Dysderuskoenigii* (*Fabricius*).

- Shi X., Jiang L., Wang H., Qiao K., Wang D., 2011.** Toxicities and sublethal effects of seven neonicotinoid insecticides on survival, growth and reproduction of imidacloprid-resistant cotton aphid, *Aphis gossypii*. *Pest Manag Sci* 67 :1528–1533.
- Shifriss O., 1966.** Synthesis of a new system of sex reversals in *Ricinus communis* L. Mimeographed manuscript in the Department of Horticulture and Forestry, Rutgers-The State. University, New Brunswick, N.J, pp 187-189.
- Sijelmassi A., 1993.** Les plantes médicinales du Maroc. Edition Fenugrec, *Casablanca*.
- Singh A., Kaur J., 2016.** Toxicity of Leaf Extracts of *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) Against the Third Instar Larvae of *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). *American Journal of BioScience*. Special Issue: Recent Trends in *Experimental Toxicology*. Vol. 4, No. 3-1, pp. 5-10.
- Sotelo-Leyva C., Salinas-Sánchez D. O., Peña-Chora G., Trejo-Loyo A. G., González-Cortázar M., Zamilpa A., 2020.** Insecticidal compounds in *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) to control *Melanaphis sacchari* Zehntner (Hemiptera: Aphididae). *Florida Entomologist*, 103(1), 91-95.
- Sotondji F. A., Kpindoui O. K., Djihinto A. C., Dannon E. A., Zodomi G., Sagbo R., 2020.** Efficacité du baume de cajou et des huiles végétales pour la lutte contre les populations de *Plutellaxylostella* L. 1758 (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE). *African Crop Science Journal*, Vol. 28, No. 2, pp. 151 – 168.
- Stankus R. P., Houner E., Lehrer S. B., 1990.** Identification and caractirisation of important cockroach allergens. *J. Allerg. Clin. Immunol*, 86, 781-787.
- Strasser H., Vey A., Butt T.M., 2000.** Are there any risks in using entomopathogenic fungi for pest control, with particular reference to the bioactive metabolites of *Metarhizium*, *Tolypocladium* and *Beauveria* species? *Biocontrol Sci. Techn.* 10, 717-735.
- Strong C. A., Koehler P. G & Patterson R. S., 2000.** Oral toxicity and repellency of borates to German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). *J. Econ. Entomol*, 86 (5): 1458-1463.
- Suinga F. A., Casali V. W. D., Picanço M., Foster J., 2004.** Genetic divergence among tomato leafminer population based on AFLP analysis pesq. *Agropec, Brasilia*, V. 39, n.7, P. 645-651.
- Sule M. I., Sani U. M., 2008.** Isolation of ricinine from methanol extracts of three different seed variettes of *Ricinus communis* L (Euphorbiaceae). *Pharmaceut. Sci.* 7(1): 114 – 118.
- Swaroop S., Gilroy A. B., Uemura K., 1966.** Statistical methods in malaria eradication. *World Health Organization*.
- Tanaka A., 1976.** Stags in the embriogic development of the German cockroach. *Blattella germanica* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae). *Kontyn (Tokyo)*, 44, 512-225.
- Tang Q., Bourguignon T., Bourguignon Y., Willenmse L., De Coninck E., Evans T., 2018.** Global spread of the German cockroach, *Blattella germanica*. *Biollnvasions*.

- Tapondjou A. L., Adler C. F. D. A., Bouda H., Reichmuth C., 2005.** Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptussaligna* against *Sitophiluszeamais* Motschulsky and *Triboliumconfusum* du Val. *JournalofStoredProductsResearch.*;41(1):91-102.
- Terekina N.V., 2009.** Economic plants and their diseases, pests and weeds. Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighbouring countries, 2003 – 2009 project.
- Tinzarra W., Tushemereirwe W., Nankinga C. K., Gold C. S., Kashaija I., 2006.** The potential of using botanical insecticides for the control of the banana weevil, *Cosmopolitessordidus* (Coleoptera: Curculionidae). *African J. Biotechnol.*5(20) : 1994-1998.
- Tokro G., 1984.** Les phéromones sexuelles chez *Blattella germanica* L (Insecte, Dictyoptère). Secrétion d'une pheromone sexuelle volatile par le pygidium des femelles. Thèse de Doctorat. Université de Bourgogne – Dijon (France). 54 pp.
- Tomé H.V.V., Martins J.C., Corrêa A.S., Galdino T.V.S., Picanço M.C., Guedes A.R.C., 2013.** *Azadirachtin* avoidance by larvae and adult females of the tomato leafminer *Tutaabsoluta*. *Crop Protection*, 46, 63-69.
- Tounou A.K., Mawussi, G., Amadou, S., Agboka, K., Gumedzoe, Y., Mawuena, D., Sanda, K., 2011.** Bio-insecticidal effects of plant extracts and oil emulsions of *Ricinus communis* L. (Malpighiales: Euphorbiaceae) on the diamondback, *Plutellaxylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) under laboratory and semi-field conditions. *J. Appl. Biosci.* 43, 2899–2914.
- Trochain J., 2016.** Le Ricin (suite). In : Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale, 10^e année, bulletin n°107, 2016. pp. 578-589.
- Tunaru S., Althoff T.F., Nüsing R.M., Diener M., Offermanns S., 2012.** Castor oil induces laxation and uterus contraction via ricinoleic acid activating prostaglandin E 3 receptors. *PNAS*.
- Turturice B. A., Ranjan R., Nguyen B., Hughes L. M., Andropolis K.E., Gold D.R., Litonjua A.A., Oken E., Perkins D.L., Finn P.W., 2017.** Perinatal Bacterial Exposure Contributes to IL-13 Aeroallergen Response. *AmJRespirCellMolBiol.* 57, 419–427.
- Tyagi N., Tyagi M., Pachauri M., Ghosh P.C., 2015.** Potential therapeutic applications of plant toxin-ricin in cancer: challenges and advances. *TumourBiol* 36:8239–8246.
- Upasani S. M., Kotkar H. M., Mendki P. S, Maheshwari V. L., 2012.** Partial characterization and insecticidal properties of *Ricinus communis* L foliage flavonoids. *PestManagSci*, 59:1349–1354.
- Van Welzen P.C., 2001.** Revisions and phylogenies of Malesian Euphorbiaceae: Subtribe Lasiococcinae (*Homonoia*, *Lasiococca*, *Spathiostemon*) and *Clonostylis*, *Ricinus*, and *Wetria*. *Blumea* 43: 131–164.
- Viaud H., 1993.,** *Thérapeutiques naturelles. GNOMAE*d.

- Vijayan K., Anuradha H.J., Nair C.V., Pradeep A.R., Awasthi A.K., Saratchandra B., Rahman S.A.S, Singh K.C., Chakraborti R., Urs S.R., 2006.** Genetic diversity and differentiation among populations of the Indian eri silkworm, *Samia cynthia ricini*, revealed by ISSR markers. *J Insect Sci* 6:30.
- Visen PKS., Shukla B., Patnaik G.K., Dhawan B. N., Kapoor N. K.,1992.** Hepatoprotective activity of *Ricinus communis* leaves. *Pharm Biol* 30(4): 241–50.
- Volkshard S., Nogueira D.S., 2007.** Castor oil as a fuel: Facts, Perspectives and Risks. *Engenhari Agricultur.* 15(2) :168-172.
- Ghniimi W., 2018.** Étude phytochimique des extraits de deux Euphorbiaceae: *Ricinus communis* et *Jatropha curcas*. Évaluation de leur propriété anti-oxydante et de leur action inhibitrice sur l'activité de l'acétylcholinestérase. Thèse de Doctorat en chimie/biologie. Université de Lorraine, France. 225 pp.
- Wang C., Wang S., 2017.** Insect pathogenic fungi: Genomics, molecular interactions, and genetic improvements. *Annu. Rev. Entomol.* 62, 73-90.
- Wang J., Ma H., Zuo Y., Yang Y., Wu H., 2020.** CRISPR-mediated gene knockout reveals nicotinic acetylcholine receptor (nAChR) subunit $\alpha 6$ as a target of *spinosyns* in *Helicoverpa armigera*. *Pest Manag Sci*.
- Wang Z.F., Wang, J.F., Bao, Y.M., Wu, Y.Y., Zhang, H.S., 2011.** Quantitative trait loci controlling rice seed germination under salt stress. *Euphytica*, 178, 297–307.
- Wannigama D.L., Dwivedi R., Zahraei-Ramazani A., 2013.** Prevalence and antibiotic resistance of gram-negative pathogenic bacteria species isolated from *Periplaneta americana* and *Blattellagermanica* in Varanasi, India. *J. ArthropodBorneDis.* 8, 10-20.
- Waris M., Nasir S., Abbas S., Azeem M., Ahmed B., Khan N.V., Hussain B., 2020.** Evaluation of larvicidal efficacy of *Ricinus communis* (Castor) and synthesized green silver nanoparticles against *Aedes aegypti*. *Saudi Journal of Biological Sciences.* Vol : 27, Issue : 9, Page : 2403-2409.
- Waris M., Nasir S., Rasule A., Yousaf I., 2020.** Evaluation of Larvicidal Efficacy of *Ricinus communis* (Castor) Plant Extract and Synthesized Green Silver Nanoparticles against *Aedes albopictus*. *J Arthropod-Borne Dis*, 14(2): 162–172.
- Wattiez C., Beys B., 1999.** Pas de pesticides à la maison solution sans danger pour le contrôle de bestioles indésirables. *Pest. Action Network (Pan).* Belg. 12 pp.
- Wigglesworth V.B., 1972.** The principales of insect physiology. *Seventh Edition.* Chapman and Hall, London. 827 pp.
- William A.V.M.L., George J.R., Shifriss, O., 1967.** Interspersed Sexuality in *Ricinus*, *Genetics*, 57, pp 347-356.

- Winteringham F. P. W., 1952.** Conference on insecticide resistance and insect physiology, p. 20. *Publ. nut. Acad. Sci., Wash., no.* 219.
- Witchard M., 1997.** Paclobutrazol Is Phloem Mobile in Castor Oil Plant (*Ricinus communis* L.). *J. Plant Grow. Regul.* 16: 215–217.
- Woodruff L. C., 1938.** The normal growth rate of *Blattella germanica* L. *J. Exp. Zool.* 79: 145-167.
- Worbs S., Köhler K., Pauly D., Avondet M.C., Schaer M., Dorner M.B., Dorner B.G., 2011.** *Ricinus communis* intoxications in human and veterinary medicine—a summary of real cases. *Toxins* 3(10) :1332–1372.
- Wu, X., Appel, A.G., 2017.** Insecticide resistance of several field-collected German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) strains. *J.Econ. Entomol.* 110,1203-1209.
- Xu X.L., 2004.** Effects of plant-based materials on *Blattella germanica*. (Doctoral dissertation, China Agricultural University).
- Yang C.L., Zhu H.Y., Zhang F., 2019.** Comparative Proteomics Analysis Between the ShortTerm Stress and Long-Term Adaptation of the *Blattella germanica* (Blattodea: Blattellidae) in Response to Beta-Cypermethrin. *J. Econ. Entomol* 112 (3), 1396•1402.
- Yeguerman C., Jesser E., Massiris M., Delrieux C., Murray A. P., González J. W., 2020.** Insecticidal application of essential oils loaded polymeric nanoparticles to control German cockroach: Design, characterization and lethal/sublethal effects. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 189, 110047.
- Yu J., Wu J., Zhang Y., Guo L., Cong X., Du Y., Li J., Sun W., Shi J., Peng J., Yin F., Wang D., Zhao P., Wang J., 2012.** Concurrent highly pathogenic porcine reproductive and respiratory syndrome virus infection accelerates *Haemophilus parasuis* infection in conventional pigs. *Vet. Microbiol.* 158, 316-321.
- Zahir A.A., Rahuman A.A., Bagavan A., Geetha K., Kamaraj C., Elango G., 2011.** Evaluation of medicinal plant extracts and isolated compound epicatechin from *Ricinus communis* against *Paramphistomum cervi*. *Parasitol Res.* 111, 1629–1635
- Zahir A.A., Rahuman A.A., Bagavan A., Santoshkumar T., Mohamed R.R., Kamaraj C., Rajkumar C., Elango G., Jayaseelan C., Marimuthu S., 2010.** Evaluation of botanical extracts against *Haemaphysalis bispinosa* Neumann and *Hippobosca maculata* Leach. *Parasitol. Res.* 107, 585–592.
- Zhang F., Yang C., Zhang X., Zhu H., Zhao D., Huang Y. 2020.** Isolation of an anti-entomopathogenic fungal protein secreted from *Pseudomonas aeruginosa* BGf-2: an intestinal bacterium of *Blattella germanica* (L.). *J. Invertebr. Pathol.* 173: 107371.
- Ziyu Dai., Gerald E. E., Maurice S. B. K., 1992.** Control of Photosynthesis and Stomatal Conductance in *Ricinus communis* L. (Castor Bean) by Leaf to Air Vapor Pressure Deficit. *Plant Physiol.* 99 : 1426-1434.

Références bibliographiques

Zuo Y. Y., Xue Y. X., Lu W. J., Ma H. H., Chen M. H., Wu Y. D., 2020. Functional validation of nicotinic acetylcholine receptor (nAChR) $\alpha 6$ as a target of spinosyns in *Spodoptera exigua* utilizing the CRISPR/Cas9 system. *Pes Manag Sci*.

Annexe : Données statistiques

Tableau 1. Toxicité de *Ricinus communis* ($\mu\text{g}/\text{insecte}$) par ingestion à l'égard des adultes de *B. germanica* après 8 heures de traitement ; ANOVA à un facteur contrôlé et teste de Tukey ($m \pm s$; 3 répétition comportant chacune 15 blattes).

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
Doses	3	1845,54	615,179	91,79	0,000
Erreur	8	53,61	6,702		
Total	11	1899,15			

Comparaisons des moyennes deux à deux pour effet doses sur la mortalité, avec le teste de Tukey

Doses	N	Moyenne	Groupement
400	3	45,3667	A
200	3	29,3333	B
100	3	16,5000	C
50	3	14,2000	C

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Tableau 2. Toxicité de *Ricinus communis* ($\mu\text{g}/\text{insecte}$) par ingestion à l'égard des adultes de *B. germanica* après 16 heures de traitement ; ANOVA à un facteur contrôlé et teste de Tukey ($m \pm s$; 3 répétition comportant chacune 15 blattes).

Source	DL	SomCar ajust	CM ajust	Valeur F	Valeur de p
doses	3	3955,25	1318,42	122,00	0,000
Erreur	8	86,45	10,81		
Total	11	4041,70			

Comparaisons des moyennes deux à deux pour effet doses sur la mortalité, avec le teste de Tukey

doses	N	Moyenne	Groupement
400	3	68,7000	A
200	3	45,3667	B
100	3	29,3333	C
50	3	21,1000	C

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes

Tableau 3. Toxicité de *Ricinus communis* ($\mu\text{g}/\text{insecte}$) par ingestion à l'égard des adultes de *B. germanica* après 24 heures de traitement ; ANOVA à un facteur contrôlé et teste de Tukey ($m \pm s$; 3 répétition comportant chacune 15 blattes).

Source	DL	SomCar		Valeur F	Valeur de p
		ajust	CM ajust		
doses	3	5234	1744,8	8,77	0,007
Erreur	8	1592	199,0		
Total	11	6826			

Comparaisons des moyennes deux à deux pour effet doses sur la mortalité, avec le teste de Tukey

doses	N	Moyenne	Groupement
400	3	76,9000	A
200	3	67,7667	A
100	3	40,3667	A B
50	3	24,7667	B

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.

Tableau 4. Toxicité de *Ricinus communis* ($\mu\text{g}/\text{insecte}$) par ingestion à l'égard des adultes de *B. germanica* après 32 heures de traitement ; ANOVA à un facteur contrôlé et teste de Tukey ($m \pm s$; 3 répétition comportant chacune 15 blattes).

Source	DL	SomCar		Valeur F	Valeur de p
		ajust	CM ajust		
Doses	3	6084,57	2028,19	723,92	0,000
Erreur	8	22,41	2,80		
Total	11	6106,98			

Comparaisons des moyennes deux à deux pour effet doses sur la mortalité, avec le teste de Tukey

doses	N	Moyenne	Groupement
400	3	90,0000	A
200	3	63,4000	B
100	3	49,4333	C
50	3	27,9667	D

Les moyennes ne partageant aucune lettre sont significativement différentes.