



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



المختبر
الرياضيات والعلوم
التطبيقية

N°d'enregistrement

/...../...../...../...../.....

جامعة غرداية

Université de Ghardaïa

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre

THÈSE

Pour l'obtention du diplôme de Doctorat 3^{ème} cycle L.M.D.

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Protection des Végétaux et Ecotoxicologie

Action des huiles lourdes de graines de trois plantes spontanées du Sahara Algérien sur quelques paramètres biologiques du Criquet pèlerin

Présentée par :

AIT AOUDIA Ahmed

Devant le jury composé de :

M. BOURAS Noureddine	Pr.	Univ. Ghardaïa	Président
M. KEMASSI Abdellah	Pr	Univ. K.M. Ouargla	Directeur de thèse
Mme. BENRIMA Atika	Pr.	Univ. Ghardaïa	Examineur
M.OULD EL HADJ Mohamed Didi	Pr	Univ. K.M. Ouargla	Examineur
M. KHENE Bachir	MCA	Univ. Ghardaïa	Examineur
M. TARTORA Mohamed	Docteur	D.R. INPV-Ghardaïa	Invité

Année universitaire : 2022-2023

Remerciement

Avant tout, nous remercions DIEU tout puissant, pour m'avoir donné la force et la patience de réaliser ce travail de thèse.

J'adresse une mention spéciale de remerciement à mes chers parents qui ont sacrifié tout pour me voir heureux. Un grand merci mes chers parents pour tout ce que vous m'avez donné. Pour leur amour, leur confiance, leurs conseils et leur soutien inconditionnel dans les moments de doute et faiblesse. Quoi que je puisse dire et écrire, je ne pourrais exprimer ma grande affection et ma profonde reconnaissance.

Je suis très honoré de remercier mon directeur de thèse le professeur KEMASSI Abdellah (professeur à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Ouargla), je vous remercie vivement de m'avoir accordé votre temps, votre soutien et vos encouragements et accompagnements, et votre patience et vos précieux conseils et la bonne orientation, et de m'avoir fait bénéficier de vos compétences et votre expérience professionnelle et de votre rigueur intellectuelle. J'ai l'honneur d'exprimer mes très profondes reconnaissances et mes sentiments les plus sincères.

J'adresse mes sincères remerciements aux membres du jury : M. BOURAS Nouredine professeur à l'université de Ghardaïa qui m'a honoré d'avoir accepté de présider le jury de ma soutenance et j'adresse aussi ma reconnaissance et mon remerciement à Mme. BENRIMA Atika professeur à l'université de Ghardaïa et M.OULD EL HADJ Mohamed Didi professeur à l'université K.M. Ouargla et M. KHENE Bachir Maître de conférence « A » à l'université de Ghardaïa, Qui ont accepté d'examiner et d'évaluer mon travail, et M. TARTORA Mohamed Docteur à INPV-Ghardaïa qui nos a honoré d'accepter d'être parmi les membres de jury. Soyez assurés de ma plus profonde gratitude et mes profonds respects pour l'attention que vous avez portée à ce manuscrit et pour le temps que vous avez consacré à son évaluation.

J'adresse également mes sincères remerciements à tout le personnel enseignant de la Faculté des sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Ghardaïa, en particulier Mlle. MOUAFEK A., M. KRIMAT M., Mlle Mellouk S., M. BENSEMMOUNE M., M. BOURAS N., M. KHANE B., Mlle. TELLI A., M. BELGHIT S., M. SADINE S., M. ZERGOUN Y.

Je tiens à remercier toute l'équipe du laboratoire de recherche 'Mathématiques et Sciences Appliquées, Université de Ghardaïa. qui ont facilité notre travail par leur aide morale, technique et matériel. Un grand merci en particulier Monsieur Hicham BEN HAMOUDA (technicien de laboratoire pédagogique Faculté SNV Université de Ouargla), pour vos conseils et pour m'avoir fourni les moyens matériels nécessaires à la réalisation des tests biologiques et de l'extraction des huiles de graines des plantes spontanées.

Je remercie chaleureusement tous les chercheurs et doctorants du laboratoire de recherche 'Mathématiques et Sciences appliquées, en particulier mes chers amis et collègues : Fardj CHIKHI, Zakaria TAIBAOUI, Amel HEROUINI et Fatna ARABA.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance à tous mes amis qui ont participé à la réalisation de se travaille de près ou de loin, pour leur soutien moral et physique et pour leurs conseils tout au long de la formation.

Je tiens à remercier les cadres et techniciens de la Direction régionale de l'INPV de Ghardaïa pour leurs orientations lors de nos sorties et prospections à la recherche d'individus du Criquet pèlerin.

Mes vifs remerciements s'adressent également aux agriculteurs de la région de Hassi Lefhal –Ghardaïa- qui nous a permis de capturer des individus de Criquet pèlerin dans leurs exploitations agricoles.

Je remercie tout particulièrement ma chère épouse pour son soutien moral et sa patience et ses encouragements pour mon travail et pour la vie en général. Je tiens à lui exprimer ma profonde gratitude.

Je tiens à remercier ma petite-fille Safia Chahrazed qui m'a encouragé avec ces sourires et son innocence.

Je remercie chaleureusement mes frères Mohammed et Larbi Mokhtar et toute ma famille pour leur soutien et leurs encouragements.

Je tiens à remercier tous ceux qui d'une manière ou d'une autre ont contribué à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

À la mémoire de mon grand-père maternelle Kēbir Mohammed (paix a son âme),

À la mémoire de mes chers regrettés grands-parents paternels Mokran et Feta (paix a leurs âmes),

À la mémoire de a mon oncle et ma tante et ma cousine (paix a leurs âmes),

À ma chère grand mère maternelle Chabha Kēbir,

À mes très chers parents adorés,

À mon épouse,

À mon ange Safia Chahrazed,

À mes frères Mohamed et Larbi,

À toute ma famille,

À mes chers (es) amis (es),

Ce travail est dédié.

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Aspect général du criquet pèlerin (<i>S. gregaria</i>).....	18
2	Développement larvaire et imago chez le criquet pèlerin.....	19
3	Répartition des populations du criquet pèlerin dans le Sahara Algérien (état solitaire et transiens).....	22
4	Schéma représente le dispositif et l'extraction Soxhlet.....	29
5	Rendement d'extraction en huile extraite à partir des graines de <i>Peganum harmala</i> , <i>Cleome arabica</i> et <i>Datura stramonium</i> récoltées dans la région de Ghardaïa (Nord du Sahara Algérien).....	35
6	Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les larves L5 de <i>S.gregaria</i> témoins et traitées par les huiles de graines de <i>P.harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	42
7	Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les larves L5 mâles de <i>S.gregaria</i> témoins et traitées par les huiles de graines de <i>P.harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	42
8	Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les larves L5 femelles de <i>S.gregaria</i> témoins et traitées par les huiles de graines de <i>P.harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	43
9	Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les larves L5 mâles femelles de <i>S.gregaria</i> témoins et traitées par les huiles de graines de <i>P.harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	43
10	Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les imagos de <i>S.gregaria</i> témoins et traitées par les huiles de graines de <i>P.harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	46
11	Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les imagos mâles de <i>S.gregaria</i> témoins et traitées par les huiles de graines de <i>P.harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	46
12	Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les imagos femelles de <i>S.gregaria</i> témoins et traitées par les huiles de graines de <i>P.harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	47
13	Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les imagos mâles et femelles de <i>S.gregaria</i> témoins et traitées par les huiles de graines de <i>P.harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	47
14	Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les larves L5 et imagos de <i>S.gregaria</i> témoins et traitées par les huiles de graines de <i>P.harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	48
15	Droites de régressions de taux de mortalité enregistrés chez les larves L5 mâles et femelles de <i>S.gregaria</i> traitées avec les huiles de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i> en fonction du temps.....	65
16	Droites de régressions de taux de mortalité enregistrés chez les imagos mâles et femelles de <i>S.gregaria</i> traitées avec les huiles de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i> en fonction du temps.....	66

17	Consommations journalières moyennes des larves L5 de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées avec les huiles de graines de <i>P.harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	74
18	Figure 18.- Consommations journalières moyennes des larves L5 mâles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées avec les huiles de graines de <i>P.harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	74
19	Consommations journalières moyennes des larves L5 femelles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées avec les huiles de graines de <i>P.harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	75
20	Consommations journalières moyennes des larves L5 mâles et femelles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées avec les huiles de graines de <i>P.harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	75
21	Consommations journalières moyennes des imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées avec les huiles de graines de <i>P.harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	76
22	Consommations journalières moyennes des imagos mâles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées avec les huiles de graines de <i>P.harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	76
23	Consommations journalières moyennes des imagos femelles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées avec les huiles de graines de <i>P.harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	77
24	Consommations journalières moyennes des imagos mâles et femelles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées avec les huiles de graines de <i>P.harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	77
25	Variation du poids par rapport au poids initial des larves L5 de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	85
26	Variation du poids par rapport au poids initial des larves L5 mâles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	85
27	Variation du poids par rapport au poids initial des larves L5 femelles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	86
28	Variation du poids par rapport au poids initial des larves L5 mâles et femelles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	86
29	Variation du poids par rapport au poids initial des imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	87
30	Variation du poids par rapport au poids initial des imagos mâles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.Stramonium</i>	87
31	Variation du poids par rapport au poids initial des imagos femelles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	88
32	Variation du poids par rapport au poids initial des imagos mâles et femelles de <i>S.</i>	89

	gregaria témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	
33	Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDA) chez les larves L5 de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	93
34	Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDA) chez les larves L5 mâles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	93
35	Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDA) chez les larves L5 femelles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	94
36	Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDA) chez les larves L5 mâles et femelles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	94
37	Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDA) chez les imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	96
38	Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDA) chez les imagos mâles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	96
39	Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDA) chez les imagos femelles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	97
40	Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDA) chez les imagos mâles et femelles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	97
41	Coefficients de conversion digestive (CCD) des larves L5 de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	103
42	Coefficients de conversion digestive (CCD) des larves L5 mâles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D.Stramonium</i>	103
43	Coefficients de conversion digestive (CCD) des larves L5 femelles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	104
44	Coefficients de conversion digestive (CCD) des larves L5 mâles et femelles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	105
45	Coefficients de conversion digestive (CCD) des imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	107
46	Coefficients de conversion digestive (CCD) des imagos mâles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	108
47	Coefficients de conversion digestive (CCD) des imagos femelles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	108

	<i>stramonium</i>	
48	Coefficients de conversion digestive (CCD) des imagos mâles et femelles de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	109
49	Valeurs moyennes de l'indice de consommation évalué chez les larves L5 de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par les huiles de graines de de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	112
50	Valeurs moyennes de l'indice de consommation évalué chez les imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par les huiles de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	113

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Taux journaliers de mortalité cumulée enregistré chez les larves L5 de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par les huiles de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C. arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	38
2	Taux journaliers de mortalité cumulée enregistrés chez les imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traités par les huiles de graines de <i>P. harmala</i> , <i>C. arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	39
3	Mortalités corrigée et probits correspondants enregistrés chez les larves L5 mâles et femelles de <i>S.gregaria</i> traités par les huiles de graines de <i>Peganum harmala</i> et <i>Cleome arabica</i> et <i>Datura stramonium</i> en fonction du temps	61
4	Mortalités corrigée et probits correspondants enregistrés chez les imagos mâles et femelles de <i>S.gregaria</i> traités par les huiles de graines de <i>Peganum harmala</i> et <i>Cleome arabica</i> et <i>Datura stramonium</i> en fonction du temps	63
5	Variation dans le temps de la consommation moyenne des feuilles de choux enregistrée chez les larves L5 de <i>S.gregaria</i> témoin et traitées par les huiles de graines de <i>Peganum harmala</i> et <i>Cleome arabica</i> et <i>Datura stramonium</i> ...	69
6	Variation dans le temps de la consommation moyenne des feuilles de choux enregistrée chez les imagos de <i>S.gregaria</i> témoin et traitées par les huiles de graines de <i>Peganum harmala</i> et <i>Cleome arabica</i> et <i>Datura stramonium</i>	69
7	Variation du poids enregistrée chez les larves L5 de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par les huiles de graine de <i>Peganum harmala</i> et <i>Cleome arabica</i> et <i>Datura stramonium</i>	80
8	Variation du poids enregistrée chez les imagos de <i>S.gregaria</i> témoins et traitées par les huiles de graine de <i>Peganum harmala</i> et <i>Cleome arabica</i> et <i>Datura stramonium</i>	81
9	Valeurs moyennes de Coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDa) estimés pour les larves L5 et les imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par les huiles de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	91
10	Valeurs moyennes de de coefficient de conversion digestif (CCD) estimés pour les larves L5 et les imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par les huiles de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	101
11	Valeurs moyennes de l'indice de consommation (IC) estimés pour les larves L5 et les imagos de <i>S. gregaria</i> témoins et traitées par les huiles de graines de <i>P. harmala</i> et <i>C.arabica</i> et <i>D. stramonium</i>	111

Liste des Photographies

N°	Titre	Page
1	<i>Peganum harmala</i> L. (Zygophyllacées) au stade végétation (Oued Metlili, région de Ghardaïa, Sahara septentrional Algérie " avril 2020")	9
2	<i>D. stramonium</i> L. (Solanacées) au stade floraison (Oued Metlili, région de Ghardaïa, Sahara septentrional Algérie" mars 2020").....	12
3	<i>Cleome arabica</i> L. (Capparidacées) au stade végétatif (Oued Metlili, région de Ghardaïa, Sahara septentrional Algérie" Avril 2020").....	15
4	Cage d'élevage du Criquet pèlerin	26
5	Blocage de phénomène d'exuvie chez les larves L ₅ de <i>S.gregaria</i> traitées avec l'huile de graines de <i>P.harmala</i>	44
6	Blocage de phénomène d'exuvie chez les larves L ₅ de <i>S.gregaria</i> traitées avec l'huile de graines de <i>C.arabica</i>	44
7	Anomalies morphologiques observées chez les larves L ₅ muer de <i>S.gregaria</i> traitées par l'huile de graines de <i>P. harmala</i>	44
8	Anomalies morphologiques observées chez les larves L ₅ muer de <i>S.gregaria</i> traitées par l'huile de graines de <i>C.arabica</i>	45
9	Noircissement observées chez les larves L ₅ de <i>S. gregaria</i> traitées par les huiles de graines de <i>C.arabica</i> et de <i>D.stramonium</i>	49
10	Cadavres des larves L ₅ mâles et femelles de <i>Schistocerca gregaria</i> traitées par les huiles de graines de de trois plantes acridifuges dont <i>P.harmala</i> , <i>C.arabica</i> et <i>D.stramonium</i>	50
11	Cadavres des imagos mâles et femelles de <i>Schistocerca gregaria</i> traitées par les huiles de graines de de trois plantes acridifuges dont <i>P.harmala</i> et de <i>C.arabica</i> et de <i>D.stramonium</i>	51

Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des photographies	
Introduction	1
Chapitre I.- Matériel et Méthode	
I.1.	Principe adopté 7
I.2.	Matériel biologique 8
I.2.1.	Matériel végétal 8
I.2.1.1.	<i>Peganum harmala</i> L. (Harmal) 8
I.2.1.1.1.	Description botanique 8
I.2.1.1.2.	Taxonomie 8
I.2.1.1.3.	Répartition géographique 8
I.2.1.1.4.	Domaine d'utilisation..... 9
I.2.1.2.	<i>Datura stramonium</i> 10
I.2.1.2.1.	Description botanique 10
I.2.1.2.2.	Taxonomie 11
I.2.1.2.3.	Répartition géographique 11
I.2.1.2.4.	Domaine d'utilisation 12
I.2.1.3.	<i>Cleome arabica</i> 14
I.2.1.3.1.	Description botanique 14
I.2.1.3.2.	Position systématique 14
I.2.1.3.3.	Répartition géographique 15
I.2.1.3.4.	Domaine d'utilisation..... 16
I.2.2.	Matériel animal 16
I.2.2.1.	Choix de l'insecte 16
I.2.2.2.	Position systématique 16
I.2.2.3.	Morphologie..... 17
I.2.2.4.	Biologie 18
I.2.2.5.	Aire de distribution 21
I.2.2.6.	Système endocrinien 22
I.2.2.6.1.	Cellules neurosécrétrices..... 22
I.2.2.6.2.	Glandes rétrocébrales 23
I.2.2.6.3.	Glandes prothoraciques 24
I.2.2.7.	Comportement alimentaires 24
I.3.	Élevage du Criquet pèlerin 25
I.4.	Matériels de laboratoire..... 27
I.5.	Méthodologie..... 27
I.5.1.	Préparation et extraction des huiles 27
I.5.1.1.	Récolte des graines 27
I.5.1.2.	Extraction des huiles 28
I.6.	Etude de Tests de la toxicité 30
I.6.1.	Constitution des lots expérimentaux 30

I.6.2.	Application des tests	30
I.7.	Paramètres étudiés	31
I.7.1.	Rendement d'extraction	31
I.7.2.	Effet sur la mortalité	31
I.7.3.	Temps léthal 50 (TL50)	32
I.7.4.	Effet sur la digestion	32
I.7.4.1.	Coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA)	32
I.7.4.2.	Coefficient de conversion digestif (CCD)	33
I.7.4.3.	Indice de consommation (IC)	33
I.7.5.	Analyse statistique de la variance ANOVA	33
Chapitre. II. - Résultats et discussion		
II.1.	Rendement des graines en huiles extraites	35
II.2.	Effets létaux et sub-létaux des huiles végétales sur les larves L ₅ et les imagos de <i>S.gregaria</i>	36
II.2.1.	Effet des huiles végétales sur la mortalité	37
II. 2.1.1.	Étude de la mortalité cumulée	37
II.2.1.2.	Étude de temps léthal 50 (TL ₅₀) des huiles végétales	60
II.2.2.	Effet des huiles végétales sur la prise de la nourriture	68
II.2.3.	Effet des huiles végétales sur la progression pondérale	79
II.2.4.	Effet des huiles végétales sur le coefficient d'utilisation digestive apparent(CUDA)	91
II.2.5.	Effet des huiles végétales sur la capacité de conversion digestive	100
II.2.6.	Effet des huiles végétales sur l'indice de consommation (IC)	110
Conclusion		116
Références bibliographiques		120
Résumés		141

Introduction

Introduction

Le développement et l'amélioration de la production agricole est la préoccupation majeure de l'Homme ; l'assurance de la sécurité alimentaire des populations est le premier objectif de toute politique de développement notamment dans les pays en développement où le mode de culture vivrier est le plus adopté (F.A.O.U.N., 2012). La production agricole est souvent menacée par de nombreux ravageurs, environ 67000 espèces nuisibles limitent la production agricole mondiale dont 9000 espèces d'insectes et Acariens, 50000 espèces de microorganismes phytopathogènes et 8000 espèces de mauvaises herbes (Silvy, 1991). Tous les ans, les pertes de récolte dans le monde sont estimées de 340 millions de tonnes de riz, 200 millions de tonnes de maïs, 140 millions de tonnes de blé soit 40% des récoltes sont perdues du fait de l'action combinée des insectes, des maladies et des mauvaises herbes (47% pour le riz (dont 27% par les insectes ; par ex., au Japon, le rice stripe virus détruit 10% des rizières), 36% pour le maïs (dont 13% par les insectes), 25% pour le blé (dont 5% par les insectes), 54% pour la canne à sucre (dont 19,5% par les insectes), 34% pour le coton (dont 16% par les insectes). Aux USA, 37% des récoltes sont perdues, dont 13% par les insectes, 12% par les agents phytopathogènes et 12% par les mauvaises herbes (Silvy, 1991).

Le groupe des acridiens constitué depuis l'Antiquité une vraie menace pour l'Homme à cause des dégâts très sévères et considérable causés sur les produits agricoles. Dans l'ancien monde, les acridiens sont présentés comme une catastrophe écologique la plus terrifiante (Pasquier et Gerbinot, 1945). Leur capacité de dispersion et de migration sur des centaines voire des milliers de kilomètres en font un problème international aux répercussions économiques, sociales et environnementales majeures (Steedman, 1990). Criquet pèlerin, criquet migrateur, criquet nomade, criquets puant et autres espèces, on dénombre environ 12000 espèces d'acridiens dans le monde dont 500 environ peuvent causer des dégâts à l'agriculture. Une vingtaine d'autres sont des ravageurs féroces qui peuvent menacer l'équilibre alimentaire des populations (Lecoq, 1998). Le criquet pèlerin appartient à la catégorie des acridiens de type locuste présentant un phénomène de polymorphisme phasaire, c'est-à-dire la capacité de développer des aspects variés et réversibles selon la densité des populations. Ses différents aspects sont désignés sous le terme de phases. Schématiquement, On parle de phase solitaire pour les populations de faible densité et de phase grégaire pour les populations de forte densité. Le terme de transformation phasaire désigne le passage d'une phase à l'autre. Il existe, par ailleurs, des formes intermédiaires dites transiens. On parlera de transiens congregans dans le cas d'une évolution de la phase solitaire vers la phase grégaire et de transiens degregans dans le cas inverse du passage de la phase grégaire vers la phase solitaire. Cette concentration de populations solitaires a deux conséquences importantes, l'une immédiate (un choc psycho-physiologique modifiant le comportement), l'autre différée (une préadaptation de la descendance à vivre en groupe). Trois étapes sont nécessaires pour la transformation phasaire : concentration, multiplication et grégarisation. Le Criquet pèlerin est très sensible aux variabilités de nombre de ces effectifs (densité de population). Les populations solitaires peuvent atteindre le seuil de grégarisation en 3 à 4 générations successives seulement, ce qui

explique la facilité de formation des essaims et le départ d'invasion du Criquet pèlerin (Duranton et Lecoq, 1990). Les invasions des essaims du Criquet pèlerin causent des dégâts très sévères sur les cultures et par conséquent rend la sécurité alimentaire incertaine sur tout chez les populations qui souffrent déjà de la pauvreté et vivant dans des conditions précaires (Brader et *al.*, 2006).

Dans de nombreuses régions tropicales, les criquets représentent une menace importante pour l'agriculture. Plus de la moitié des terres émergées peut être sujette à l'attaque de leurs essaims. Un continent tout entier peut être envahi. L'Afrique est particulièrement concernée par le Criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae)) où il passe très facilement d'une forme solitaire inoffensive à une phase grégaire nuisible. Ses capacités de déplacement, l'extrême densité de ses essaims et sa voracité font peser sur l'agriculture de nombreux pays une menace redoutable. L'aire d'invasion du Criquet pèlerin couvre l'Afrique, au nord de l'Équateur, le Moyen-Orient, les péninsules Arabique et Indo- Pakistanaise et parfois, l'Europe méditerranéenne. Cela représente au total 57 pays et plus de 20 % des terres émergées (Lecoq, 1998).

Le Criquet pèlerin n'épargne aucune culture ; il peut endommager gravement la végétation naturelle, ce qui présente des conséquences néfastes sur l'élevage puisque le bétail ne trouvera plus de quoi s'alimenter. Il peut aussi causer des dégâts sévères sur le blé, l'orge, la vigne, les agrumes, les palmiers dattiers, le mil, le sorgho, les légumes, etc., ce qu'on appelle les cultures vivrières d'un pays (Lecoq, 1998).

D'après Lecoq (1998), les invasions de Criquet pèlerin ont causées des dégâts sévères sur les cultures et par conséquent des populations sont menacées par la famine. Les essaims du Criquets pèlerins ont détruit :

- 7 millions de pieds de vigne, soit 19 % du vignoble en Libye (1944)
- 55000 tonnes de céréales au Soudan (1954)
- 16000 tonnes de mil et 2000 tonnes d'autres céréales au Sénégal (1957)
- 167000 tonnes de céréales en Éthiopie (1958), soit la nourriture d'un million d'hommes pendant un an.
- En 1974, 368 000 tonnes de céréales auraient été perdues dans le Sahel Africain du fait d'une pullulation de sauterelle.

D'après Ould Babah (2006), aux pays du Sahel et Maghreb entre 2003 et 2005, l'invasion du Criquet pèlerin a engendré des dégâts considérables :

- Pertes de récolte de 30 à 100 % au Sahel.
- 13 millions d'hectares traités au Sahel et au Maghreb.
- Coût lutte d'urgence : +400 millions de dollars US.

En Afrique, plus de 100 millions de dollars ont été dépensés afin de lutter contre les essaims de Criquet pèlerin (Saizonou, 2004). En Algérie, en 1987-1989, les pertes causées par les invasions

de criquets pèlerin étaient estimées à 40.000.000 dollars américains (Popov et *al.*, 1991; Lecoq, 2004).

Les effets catastrophiques causés par les invasions du Criquet pèlerin sur la végétation sont souvent accompagnés par des famines ou des crises économiques dans certains pays. Face à cette situation, l'application des méthodes de lutte est indispensable pour contrôler les bandes larvaires et les essaims du Criquet pèlerin. La lutte chimique est le moyen le plus utilisé et le plus efficace pour contrôler les criquets essaimant ; divers produits chimiques dont les Organochlorés tels que le HCH (Hexa Chloro-cyclo Hexane), le DDT (Dichloro Diphényle Trichloro-éthane), la Dieldrine et l'Endrine. Ces produits ont généralement un large spectre d'action sur les arthropodes et d'autres animaux, persistent dans l'environnement (plusieurs semaines pour la dieldrine épandue sur la végétation des déserts) et peuvent s'accumuler dans l'organisme des animaux. Cela les rend très dangereux pour l'environnement et pour les mammifères tels que l'Homme et le bétail (la dieldrine est classée dans la catégorie Ib selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), comme produit très dangereux). Les Organophosphorés et Carbamates sont actuellement les insecticides les plus utilisés contre les acridiens ; il s'agit par exemple du Féntrothion, Malathion, Chlorpyrifos et des Bendiocarb. Ces insecticides ont une action relativement rapide, ont une durée de vie relativement courte mais sont des composés à très large spectre d'action. La plupart des composés utilisés en lutte antiacridienne sont modérément dangereux pour les mammifères (catégorie II de l'OMS), mais le Malathion est classé dans la catégorie III de l'OMS, en tant que produit légèrement dangereux. Les Pyréthrinoïdes dont la Deltaméthrine, la Lambdacyhalothrine et l'Esfenvalerate sont des produits à action rapide (effet choc après quelques minutes), plus ou moins rémanents et à large spectre d'action (Dobson, 2001).

Des produits chimiques de synthèses sont ainsi utilisés comme inhibiteurs de croissance (IGR ou Insecte growth regulators) et les analogues d'hormones, le fénoxycarbe est l'un des produits insecticides de ce genre qui a donné des résultats satisfaisant. Ces produits organiques de synthèse, de la famille des Benzoyl urées (téflubenzuron, triflumuron, diflubenzuron, etc.), inhibent, chez les insectes, le processus d'élaboration de la chitine, composant principal de la cuticule. Ils agissent essentiellement par ingestion et tuent les larves au moment de la mue (Luong-Skovmand et *al.*, 1999). Un analogue d'hormone juvénile (fénoxycarbe) des insectes, testé sur des larves L₅ des criquets pèlerins provoque d'une part des déformations morphologiques lors de la mue (gêne le saut et le vol des jeunes imagos) et d'autre part, la solitarisation des grégaires en changeant la couleur, la morphologie et le comportement, ce qui entraîne par conséquent la dispersion des bandes larvaires (Dorn et *al.*, 1997).

La lutte chimique par ces divers insecticides est le moyen le plus efficace pour contrôler et éradiquer les Criquets essaimant, mais l'usage des pesticides chimiques cause des sérieux problèmes environnementaux soit l'intoxication de l'Homme et le bétail, effet néfaste sur la faune auxiliaire et utile et sur l'environnement (Launois-Luong et *al.*, 1988). Lorsqu'un pesticide atteint des zones non ciblées, dans ce cas les gens peuvent être empoisonnés. On estime à un million par

an le nombre d'intoxications accidentelles chez l'Homme par pesticides dans le monde et à 20 000 celui de cas mortels (Who-Unep, 1989).

Lors de l'application d'un pesticide sur les parties aériennes des plantes, une partie atteint le sol, ce qui peut engendrer une toxicité chez les bactéries, champignons, algues, verre de terre, insecte, et autres qui vivent au sol (Russel, 1973). Les vers de terre qui jouent un rôle très important dans la fertilité et la structure du sol peuvent être contaminés par les pesticides, qui sont transportés par l'eau aux différents horizons du sol (Eppo, 1993). Les arthropodes auxiliaires sont également contaminés par les pesticides (Eppo, 1994). L'utilisation massive et déraisonnable de pesticides conduit à une diminution quantitative d'insectes et autres invertébrés (Holland et *al.*, 1994). Au début des années 1950, des mortalités des oiseaux ont été observées dans des champs traités au DDT ou à d'autres pesticides (Madhun et Freed, 1990). Lors d'opérations de lutte par les Organochlorés, des mortalités massives ont été observées chez les mammifères, cet effet léthal de ces produits s'explique par l'ingestion de nourriture contaminés (Madhun et Freed, 1990). La toxicité aquatique se manifeste chez les algues, les crustacés (daphnies) et les poissons, par différentes substances actives (Linders et *al.*, 1994).

La lutte chimique a prouvé son efficacité vis-à-vis le criquet pèlerin et les acridiens d'une manière générale mais cette lutte a un effet néfaste sur l'environnement qui se traduit par la toxicité des écosystèmes, et pour cette raison que plusieurs pesticides ont été bannies du marché. L'utilisation du DDT (Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane) a été interdite au Canada à la fin des années 1980 en raison de sa toxicité générale sur les organismes non ciblés (Aulagnier et Poissant, 2005). Les OC (Organochlorine) ont également été interdits il y a 10 ou 20 ans (Cortes et *al.*, 1998 ; Aulagnier et Poissant, 2005). Par ailleurs, cette lutte chimique a prouvé sa limite vis-à-vis du phénomène de résistance appris chez certaines espèces d'insectes et qui a par conséquent augmenté le coût de la lutte. Le coût dû à une résistance accrue a été estimé à 133 millions de dollars aux États-Unis en 1980 (Silvy, 1991).

À cet effet toxique des pesticides sur l'environnement et afin de préserver les écosystèmes de toutes sortes de pollutions, une autre méthode de lutte s'impose pour minimiser l'impact et les dégâts causés par les bandes larvaires et les essaims de criquets pèlerins sur les cultures et la production agricole, c'est la lutte biologique qui repose essentiellement sur l'utilisation des êtres vivants ou leurs dérivés comme les différents extraits végétaux, notamment extraits aqueux, huiles végétales et autres. Certaines études portant sur la lutte biologique ont donné des résultats satisfaisants et prometteurs, des champignons à mitosporés tels que *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* ont été les biopesticides les plus efficaces testés jusqu'à présent sur le Criquet pèlerin et sur le Criquet migrateur. Cette souche a été développée et approuvée en tant que produit UBV (Ultra-Low Volume) connue et commercialisée sous le nom de "Green muscle". L'application de *Metarhizium anisopliae* (Metch) (Green muscle) sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775), a entraîné la mortalité totale des individus traités (Djezzar, 2007). Une espèce de champignons *Beauveria bassiana* a également eu un certain succès mais est surtout plus efficace

sous des climats tempérés car inactif à des températures élevées (Dobson, 2001). Les deux espèces de champignons *Beauvaria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* causent une mortalité totale des imagos traités au bout de 11 jours (Kaidi, 2007).

Les relations entre les espèces entomologiques et les plantes hôtes sont conditionnées par différents caractères physiques (Mangold, 1978 ; Berenbaum, 1995), les substances secondaires produits par les plantes ne participent pas aux processus physiologiques primaires, mais jouent un rôle dans les interactions interspécifiques (Berenbaum, 1995). La réduction des attaques d'insectes vis-à-vis d'une plante peut être due à la présence de toxines ou de substances répulsives dans les tissus végétaux (Vet et Dicke, 1992 ; Harborne, 1993). La sélectivité des plantes consommées chez le criquet pèlerin est la conséquence du développement de défenses physiques chez les plantes, ou bien de la présence de substances chimiques susceptibles d'altérer l'appétence, d'inhiber la prise de nourriture, ou bien de favoriser celle-ci (Feeny, 1976). Ces résultats nous poussent à tester l'activité biologique des métabolites secondaires contenus dans quelques plantes spontanées qui ne sont pas appréciées ni consommées naturellement chez cette locuste.

À la lumière de ce constat, plusieurs études ont été réalisées pour montrer l'effet toxique de quelques plantes spontanées dont *Azadirachta indica* A. (Meliaceae), *Xylopiya aethiopica* (Annonaceae), *Melia azerdarach* L. (Meliaceae), *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae), *Glinus lotoides* L. (Molluginaceae), *Calotropis procera* W.T. (Apocynaceae), et autres sur le criquet pèlerin (Rembold, 1997 ; Ould El Hadj et al., 2006 ; Kemassi et al., 2010, 2012, 2013, 2015, 2018, 2019, Cherif et al., 2016 ; Bouziane et al., 2018). L'étude de la toxicité des huiles essentielles foliaires de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) sur les larves de cinquième stade et imagos de *Schistocerca gregaria* met en évidence leurs toxicités (Kemassi et al., 2014).

Face à ce constat, notre objectif dans cette étude est de ressortir les effets létaux et sub-létaux des huiles végétales lourdes issues des graines de trois plantes spontanées *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae), *Datura stramonium* L. (Solanaceae) et *Cleome arabica* L. (Capparidaceae), récoltées dans le Sahara Algérien à Oued Métlili (région de Ghardaïa) sur quelques paramètres biologiques et physiologiques du criquet pèlerin.

L'étude réalisée est organisée sous forme de deux chapitres, le premier chapitre explique la méthodologie de travail adoptée dans la partie expérimentale, il se compose de plusieurs sections ; principe adopté, le choix du matériel biologique, les étapes d'extraction des huiles végétales, les tests préliminaires et biologiques et l'exploitation des résultats. Le deuxième chapitre regroupe les résultats obtenus dans la présente étude avec leurs interprétations et discussions. Ce travail est achevé par une conclusion qui est un ensemble de réflexions et des perspectives.

Chapitre I- Matériel et Méthode

Chapitre I.- Matériel et Méthode

Le présent chapitre présente le matériel biologique ; végétales et Animales, utilisé dans notre recherche, et la méthodologie adoptée ; soit la préparation des huiles végétales lourdes, élevage de masse de criquet pèlerin, études de la toxicité, méthode de traitement des résultats.

I.1. Principe adopté

Pour croître, développer et se reproduire, les insectes phytophages se nourrissent de plantes. Ces dernières, pour réduire et limiter les dégâts causés par ces bioagresseurs, développent des mécanismes de défense. Ces mécanismes des végétaux reposent essentiellement sur la production de molécules chimiques qui repoussent les agresseurs, inhibent la prise de nourriture ou empêchent l'oviposition (Vet et Dicke, 1992 ; Harborne, 1993).

Le Criquet pèlerin appartient à la catégorie des acridiens de type locuste, caractérisé par sa grande polyphagie et dispersion, au cours des périodes d'invasion, les juvéniles et les imagos parcourent de grandes distances. Cet acridien du désert, bien qu'il soit redoutable et euryphage, il présente une sélection nutritive bien distincte vis-à-vis des espèces végétales dans son milieu naturel. Cette sélection émane d'un comportement alimentaire défini par les besoins nutritionnels de l'insecte ; des études ont montré la variation dans le temps du comportement alimentaire des acridiens dont le Criquet pèlerin en fonction du stade de développement, la saison, la phase, et la composition chimique des parties végétales consommées, où ils régularisent la consommation en fonction de la biologie et la physiologie de l'insecte ; des plantes sont consommées plus que les autres bien qu'elles sont moins représentées sur le terrain, et d'autres ne sont guères consommées malgré leurs fortes disponibilités et abondances sur terrain (Ould el Hadj, 2002; Kemassi et *al.*, 2007, 2014).

Le Criquet pèlerin a des préférences alimentaires qui se manifestent par le choix de consommer certaines plantes plus que d'autres et par le refus de consommation de quelques espèces végétales trouvées dans son biotope (Rao et Mehrotra, 1977 ; Ould el Hadj et Ould Ahmedou, 1999).

En outre, la présence de certaines substances chimiques rend certaines plantes totalement rejetées par plusieurs insectes. Ce mécanisme permet aux espèces végétales de se défendre et de réduire les actions destructrices des ravageurs (Fränkel, 1959). Parmi les espèces végétales caractérisées par leurs pouvoirs insecticides ou insectifuges, on cite, le Neem, *Azadirachta indica* Juss ((Meliaceae) et *Melia volkensii* L ((Meliaceae) qui se caractérisent par un large spectre d'action vis-à-vis des insectes, dont le Criquet pèlerin (Schmutterer, 1990). D'autres espèces telles que *Citrillus colocynthis* Scha. (Cucurbitaceae) (Ghaout, 1990), *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) (Kemassi, 2008), *Euphorbia guyoniana* Bois. & Reut. (Euphorbiaceae) (Kemassi, 2008 ; 2014), *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) (Kemassi *et al.*, 2012) sont bien connues pour leur pouvoir repoussant, anti-appétant ou toxique vis-à-vis du Criquet pèlerin.

Dans cette présente étude, on recherche l'effet ou l'activité biologique des huiles lourdes de graines de trois plantes spontanées soit *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et *Datura stramonium* L.

(Solanaceae) et *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) sur certains paramètres biologiques des larves L₅ et imagos du Criquet pèlerin. Les critères d'appréciation sont non seulement les effets de l'administration buccale des huiles de graines des plantes spontanées retenues sur la mortalité, mais aussi leurs effets sur la mue, la consommation, la digestion et la capacité de conversion digestive et sur la croissance pondérale.

I.2. Matériel biologique

I.2.1. Matériel végétal

I.2.1.1. *Peganum harmala* L. (Harmal)

I.2.1.1.1. Description botanique

P. harmala est une plante herbacée, vivace, glabre, buissonnante, de la famille des Zygophyllaceae, d'une hauteur de 30 à 90 cm et un rhizome épais et une forte odeur désagréable (Chopra et al., 1960; Ozenda, 1977). Les tiges sont dressées et très ramifiées disparaissent en hiver. Elles ont des feuilles alternes, coupées en bandes étroites, des fleurs solitaires blanc jaunâtre veinées de vert, d'une taille de (25-30 mm), composées de cinq sépales verts linéaires, persistants qui dépassent la corolle et cinq pétales elliptiques, ont dix à quinze étamines. Les filaments inférieurs sont très élargis. L'ovaire globuleux est porté sur un disque charnu. Le fruit est une coquille sphérique de 6 à 8 mm déprimée au sommet, avec 3 ou 4 valves s'ouvrant pour libérer les graines : innombrables, anguleuses, sub-triangulaires, brun foncé, tégument externe est réticulé, goût amer (Chopra et al., 1960; Ozenda, 1977).

I.2.1.1.2. Taxonomie

La classification botanique de *Peganum harmala* selon (Ozenda). 1991 est la suivante :

Embranchement : Spermatophytes
Sous embranchement : Angiospermes
Classe : Dicotylédones
Sousclasse : Rosidae
Ordre : Sapindales
Famille : Zygophyllaceae
Genre : *Peganum*
Espèce : *Peganum harmala* L.

I.2.1.1.3. Répartition géographique

Peganum harmala c'est une plante qui pousse dans plusieurs régions et continents, en Europe australe et austro-orientale, Asie mineure, Tibet, Iran, Turkestan, Syrie, Arabie saoudite, Egypte et en Afrique du Nord. En Algérie, *P. harmala* est commune aux hauts plateaux, au Sahara septentrional et méridional, et aux montagnes du Sahara central. elle est réputé pour les terrains

sableux, dans les lits d'oueds et à l'intérieur des agglomérations (Maire, 1933 ; Chopra et *al.*, 1960; Ozenda, 1991).

Pied isolé de *P.harmala*



Photo1.-*Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) au stade végétation (Oued Metlili, région de Ghardaïa, Sahara septentrional Algérie " avril 2020").

I.2.1.1.4. Domaine d'utilisation

Dans le domaine traditionnel, le *P. harmala* est utilisé comme un remède pour traiter plusieurs maladies ; les populations locales du Sahara algérien utilisent les feuilles sèches de cette plante en

fumigation pour dissiper les troubles de foies et traite les convulsions des enfants. Elle est utilisé pour traiter la fièvre sous forme de pommade et en friction pour soigner les rhumatismes (Benbott *et al.*, 2013).

Les graines de *P. harmala* sont utilisées comme des narcotiques, antihelminthiques, antispasmodiques (Siddiqui *et al.*, 1988 ; Bellakhdar, 1997). Dans certaines régions du monde, le *P. harmala* est utilisé d'une manière traditionnelle pour traiter le diabète (Bnouham *et al.*, 2002). *P. harmala* est utilisé chez certaines populations sahariennes pour traiter quelques maladies comme Parkinson et la nervosité (Leporatti et Ghedira, 2009 ; González *et al.*, 2010). En médecine chinoise, on utilise cette plante comme un antidiarrhéique, antipyrétique, hypoglycémique, hallucinogène (Benbott *et al.*, 2013).

Au Maghreb et particulièrement en Algérie, *P. harmala* est utilisée en médecine traditionnelle pour traiter plusieurs troubles généraux : antitussif, antalgique, antipyrétique, hypnotique, ainsi que d'autres troubles digestifs comme la diarrhée et la colite et même les troubles gynécologiques tels que : la stérilité féminine, emménagogue, abortif (Goel *et al.*, 2009). Cette plante est également utilisée pour traiter diverses maladies, notamment le diabète, rhumatisme, hypertension artérielle, la maladie de Parkinson et d'autres problèmes nerveux et l'empoisonnement par le venin de serpent (Iserin, 2001).

Dans le domaine pharmaceutique, cette plante a plusieurs utilisations. La matière active de *P. harmala* comme Harmine, harmaline, harman et harmalol (alcaloïdes) ont des effets sur la bradycardie, la diminution de la pression artérielle, le débit aortique de pointe et la force contractile cardiaque et vasodilatatrice (Aarons *et al.*, 1977) et d'autres effets inhibiteurs antigéniques (Hamsa et Kuttan, 2010).

Les alcaloïdes contenus dans *P. harmala* ont des effets analgésiques, hallucinogènes, excitants et antidépresseurs (Moloudizargari *et al.*, 2013). De même les alcaloïdes contenus dans les graines ont un effet antiparasitaires (Akhtar *et al.*, 2000; Astulla *et al.*, 2008) et antifongiques, antibactériennes (Saadabi, 2006 ; Nenaah, 2010).

Les alcaloïdes bêta-carboline de *P. harmala* ont un effet anticancéreux, engendrent une cytotoxicité sur des lignées cellulaires tumorales (Chen *et al.*, 2005). Les β Carbolines de *P. harmala* ont des effets immuno-modulateurs (Wang *et al.*, 1996 ; Farzin et Mansouri, 2006). L'extrait éthanolique des graines de *P. harmala* n'a aucune activité sur la sécrétion d'insuline mais il influence sur l'utilisation et/ou l'absorption du glucose (Jinous et Fereshteh, 2012).

I.2.1.2. *Datura stramonium*

I.2.1.2.1. Description botanique

Le *Datura* est connu par plusieurs noms vernaculaires *Datura*, *Stramoine*, *Pomme épineuse*, *Herbe du diable*, *Herbe aux sorciers*, *Endormie*, *Herbe aux taupes*. En Algérie elle est connue sous le nom de *Sikran* (Mahdeb, 2002).

Datura stramonium est caractérisé par une odeur fraîche est vireux et nauséabonde, surtout pendant les fortes chaleurs. La saveur est désagréable et amère. Les racines sont ramifiées, fibreuses et blanchâtres (Hammiche et *al.*, 2013). C'est une plante herbacée annuelle de 50 cm à 1 m de haut, semi-ligneuse et ramifiée affectionnant les lieux et les décombres des régions tempérées. Sa fleur est formée de cinq pétales blancs, soudés en tube. Le fruit est une capsule de la grandeur d'une noix couverte de pointes épineuses (d'où le nom de pomme épineuse "Thornapple" en anglais), s'ouvrant en quatre valves, et renfermant des graines noires et réniformes, de quatre à cinq millimètres de long (Baran, 2000).

I.2.1.2.2. Taxonomie

La classification botanique de la plante *Datura stramonium* selon Soni *et al.*, (2012) est comme suivant :

Règne : Plante
Embranchement : Angiospermes
Classe : Eudicotylédones
Ordre : Solanales
Famille : Solanaceae
Genre : *Datura*
Espèce : *Datura stramonium* L.

I.2.1.2.3. Répartition géographique

L'espèce la plus communément utilisée, et la plus fréquemment décrite, le *Datura stramonium*, est aujourd'hui répandue tant en Amérique du Nord, que dans l'ancien Monde (Baran, 2000). Le *D. stramonium* est une espèce originaire d'Asie, mais elle est abondante et adaptée en Amérique du Nord et du Sud, ainsi que dans la plupart des pays d'Europe (Chopra et *al.*, 1960).

Datura stramonium est originaire d'Amérique latine mais sa distribution est maintenant partout dans le monde. Il s'est adapté dans les régions dont le climat est globalement chaud et tempéré, notamment l'Europe et l'Afrique du Sud. On en retrouve partout en France, en milieu urbain ou rural, en fonction du climat. Le *Datura* se développe préférentiellement sur des terrains dont la terre est remuée dont les chantiers et terrains vagues, mais aussi dans les champs cultivés, notamment celles du maïs fourrager, son développement est facilité par les apports azotés importants nécessaires à cette culture (Masurel, 2007).

Pied isolé de *D.stramonium*



Photo 2.- *D. stramonium* L. (Solanaceae) au stade floraison (Oued Metlili, région de Ghardaïa, Sahara septentrional Algérie" mars 2020").

I .2.1.2.4. Domaine d'utilisation

Datura stramonium est considéré comme une plante médicinale très importante, elle est utilisée pour traités plusieurs maladies ;ces graines sont utilisées comme aphrodisiaques et sont indiquées aussi comme sédatif dans les maux de tête et comme narcotique dans l'insomnie, ces fleurs et feuilles sont séchées, fumées ou fumigées pour traiter l'asthme et tuberculose et bronchite (El Bazaoui et *al.*, 2009).

Le Datura fut aussi utilisé dans les névralgies et les douleurs de toutes sortes, par voie orale avec la teinture ou l'extrait alcoolique ou en friction directement sur le trajet de la douleur, mais aussi dans

les inflammations aiguës et chroniques et en tant que mydriatique (Martel, 2012).

Les cigarettes à base de feuilles de cette plante peuvent également être utilisées pour traiter la maladie de Parkinson. En République du Congo, la racine fraîche pilée et les feuilles fraîches sont trempées dans l'eau et le liquide est administré en lavement comme abortif. Au Zimbabwe, un cataplasme chaud de feuilles et de racines est appliqué sur le goitre. Une infusion de feuilles se boit pour traiter les maladies vénériennes ; pour soigner les ulcères, la peau est lavée avec une infusion de racines et de feuilles. Au Rwanda, une infusion de feuilles se prend comme antispasmodique et pour réduire l'acidité gastrique. Au Kenya, les feuilles et les graines séchées et moulues sont consommées mélangées à de la graisse pour traiter la teigne. Les maux de tête sont soulagés en frottant le cuir chevelu avec des feuilles ou de la sève des feuilles. La perte de cheveux est contrée en appliquant de la sève de fruit ou de la pulpe de feuilles et ceux-ci servent également à remédier aux pellicules. En Éthiopie, des morceaux de jeunes fruits sont aspirés contre l'amygdalite et les maux de gorge et appliqués sur les abcès et les glandes enflées. Au Kenya et au Lesotho, les fruits sont chauffés dans des cendres chaudes et après refroidissement, le jus est pressé et utilisé comme gouttes auriculaires pour traiter les maux d'oreilles. Les feuilles sont appliquées comme pansement pour soigner les douleurs rhumatismales, les gonflements, les blessures, la goutte, les brûlures, les ongles incarnés, les infections fongiques, les tumeurs et les ulcères. Les feuilles séchées pulvérisées sont saupoudrées sur les plaies ou appliquées après avoir mélangé la poudre avec de la graisse ou de la vaseline. Au Zimbabwe, une infusion de cendre de fruits se boit pour traiter les maux d'estomac. En Namibie, un extrait de feuille est administrées aux vaches pour assurer une expulsion rapide de la post-naissance et les racines réduites en pâte sont mélangées avec de l'eau et données au bétail pour soigner les maladies pulmonaires (Franklin, 2014).

Une décoction ou une infusion de feuilles est administrée comme sédatif aux malades mentaux et schizophrènes. Les feuilles et graines séchées de *D. stramonium* sont incluses dans les pharmacopées de nombreux pays occidentaux dont la France, où le décocté de feuilles de *D. stramonium* est utilisé comme antispasmodique et pour le traitement de l'asthme, de la coqueluche et de la maladie de Parkinson (Baran, 2000 ; Franklin, 2014). En Ethiopie, la plante a été utilisée pour tatouer les gencives, et comme un traitement de la gingivite ou de la carie dentaire (Franklin, 2014).

Les feuilles sont les plus couramment utilisées comme stupéfiants, les effets secondaires comprennent la sécheresse de la bouche et de la gorge, des douleurs oculaires, une vision trouble, agitation, étourdissements, arythmie, rougeurs et évanouissements. Une surdose causera maux de tête, nausées, vomissements et affecte le système nerveux central provoquant désorientation, hallucinations, euphorie, affect inapproprié, mémoire à court terme perte et coma. Les graines *D. stramonium* sont également utilisées à des fins criminelles ; elles possèdent des propriétés psychotropes et hypnotiques intéressantes, leurs applications consistent soit à endormir la victime dans un sommeil profond dont aucune stimulation ne peut la réveiller, soit à provoquer une instabilité psychique. Cependant, même si la victime pouvait voir les crimes commis, l'amnésie ou

la désorientation empêcherait l'identification des auteurs du crime (Baran, 2000).

Actuellement en France, toutes les spécialités médicales contenant des divers extraits de *Datura* ont été retirées du marché en 1992 à la suite d'intoxications volontaires causée par des usages détournés (Baran, 2000). Les *Datura* ont un effet antimicrobien et antiparasitaire qui peut traiter des maladies infectieuses chez l'Homme et les animaux (Gaire et Subedi, 2013).

I.2.1.3. *Cleome arabica*

I.2.1.3.1 Description botanique

Cleome arabica est une plante herbacée annuelle d'une hauteur de 30 à 60 cm d'un couleur vert grisâtre, glanduleuse, visqueuse, caractérisée par une odeur fétide (Beniston, 1984). Elle présente des tiges dressées et ramifiées, et des folioles à trois feuilles. Le fruit a deux valves en silique ouverte, et les graines sont couvertes de poils aussi longs que le diamètre des graines (Ozenda, 1991).

La fleur possède un calice qui porte 4 sépales, 4 pétales colorés en brun pourpre ou jaunes bordés de brun-pourpre, 6 étamines et 4 ovaires dans 1 loge portés par un pied court (podogyne), la capsule mesure plus de 20 mm de longue stipitée, siliqui forme, à 2 valves se séparant des placentas. *Cleome arabica* est une espèce appartenant à la famille des Capparidaceae. Chez les locaux du Sahara algérien elle est dénommée «Netten, N'til ou Netteina » à cause de l'odeur nauséabonde dégagée par la plante (Quezel et Santa, 1963 ; Baba Aissa, 2000).

I.2.1.3.2. Position systématique

La classification systématique de *Cleome arabica* selon Quezel & Santa. (1963), est comme suivant :

Règne : Plantes
Embranchement : Spermaphytes
Sous Embranchement : Angiospermes
Classe : Dicotylédones
Sousclasse : Dialypétales
Ordre : Pariétales
Famille : Capparidaceae
Genre : *Cleome*
Espèce : *Cleome arabica* L.

I.2.1.3.3. Répartition géographique

Cleome arabica, c'est une plante qui pousse dans les pentes pierreuses et les ravines sablonneuses,

elle se trouve dans le Sahara septentrional, en Égypte et en Afrique tropicale (Maire, 1933 ; Ozenda, 1991). Elle est abondante dans quelques régions du Maghreb, en Algérie elle pousse dans le Hodna (M'sila) et dans le Sahara septentrional et central algérien (Beniston, 1984, Ozenda, 1991, Tigrine et *al.*, 2013). Elle est également observée dans le Hoggar et le Tassili (Baba Aissa, 1999).

Pied isolé de *C.arabica*



Photo 3.- *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) au stade végétatif (Oued Metlili, région de Ghardaïa, Sahara septentrional Algérie" mars 2020").

I.2.1.3.4. Domaine d'utilisation

Certaines populations autochtones du Sahara utilisent le *C. arabica* comme un diurétique et pour le traitement du rhumatisme. Cette plante elle n'est pas broutée par le dromadaire et très peu appréciée par les chèvres et les moutons (Maire, 1933 ; Burkill, 1985). Dans la médecine traditionnelle d'Afrique du Nord, les feuilles de *C. arabica* sont utilisées comme sédatif pour le traitement des douleurs abdominaux et le rhumatisme (Sharaf et al., 1992), L'infusé de cette espèce végétale est riche en flavonoïdes glucosylés et rhamnosylés (Ismail et al., 2005). Elle possède des propriétés anti-inflammatoires (Bouriche et al., 2005).

Dans le domaine pharmaceutique, elle a une activité biologique vis-à-vis des microbes et champignons (Takhi et al., 2011). Les espèces végétales du genre *Cleome* possèdent un fort pouvoir antioxydant (Djeridane et al., 2010), cytotoxique (Nagaya et al., 1997) et leurs extraits sont dotés d'activités anti-tumorales (Hanahan et Weinberg, 2000, 2011 ; Tigrine et al., 2013).

I.2.2. Matériel animal

I.2.2.1. Choix de l'insecte

Le Criquet Pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775), appartient à la catégorie des acridiens, de type locuste présentant un phénomène de polymorphisme phasaire. C'est à dire la possibilité de développer des aspects variés et réversibles selon la densité des populations. Schématiquement, on parle de phase solitaire pour les populations de faible densité et, de phase grégaire pour les populations de forte densité. Il est l'espèce acridienne la plus redoutable en raison de sa grande mobilité (les essaims peuvent parcourir 1000 km en quelques jours), son aire d'invasion très vaste, son grand potentiel reproducteur induisant son aptitude à multiplier très rapidement ses effectifs, sa capacité à consommer chaque jour son propre poids de nourriture fraîche, sa grande polyphagie (en particulier en phase grégaire), où il s'attaque à une très large gamme de cultures et à leur causer des dégâts très sévères ; les invasions du Criquet pèlerin sont souvent suivies par des famines (Duranton et Lecoq, 1990). En considération de tous ce qui est cité, de son importance économique et les dangers qu'il présente sur les cultures, cet insecte est retenu pour notre expérimentation. En raison de commodité au laboratoire, le choix des stades porte sur les imago et les larves de cinquième stade.

I.2.2.2. Position systématique

Le Criquet pèlerin ou Criquet du désert, appartient à l'ordre des Orthoptères regroupant les Insectes ayant des ailes droites sans aucune ligne de plicature transversale et que les ailes membranaires (métathoracique) se replient au repos en éventail suivant des axes de plis longitudinaux. Cet ordre se subdivise en deux sous ordres : les Ensifères et les Caelifères. Les Ensifères présentent des antennes qui dépassent nettement la longueur du corps, un oviscapte allongé plus ou moins courbé souvent aussi long que le corps. Un organe tympanique se situe sur la face interne du tibia intérieur. Les Caelifères possèdent des antennes courtes, ne dépassant guère la limite postérieure du

pronotum, un petit appareil de ponte constitué par des valves et un organe tympanique situé de part et d'autre du premier segment abdominal (Doumandji et Doumandji-Mitiche, 1994). Le criquet pèlerin appartient au sous ordre des Caelifères. Dans le système "classique" (Uvarov, 1966) in (Latchininsky et Launois-Luong, 1997), le genre *Schistocerca* est incluse dans la famille des Acrididae, qui traditionnellement est rattaché souvent à la sous-famille des Cyrtacanthacridinae. D'après Grasse (1970), la position systématique du Criquet pèlerin est comme suit :

Embranchement : Arthropoda
Sous embranchement : Mandibulata
Classe : Insecta
Sous classe : Pterygota
Super ordre : Orthopteroidea
Ordre : Orthoptera
Sous ordre : Caelifera
Super famille : Acridoidea
Famille : Acrydidae
Sous-famille : Cyrtacanthacridinae
Genre : *Schistocerca*
Espèce : *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775).

I.2.2.3. Morphologie

Le Criquet pèlerin est un acridien de grande taille. Les femelles mesurent de 70 à 90 mm de long, les mâles de 60 à 75 mm. Les antennes sont filiformes. Le pronotum est comprimé dans la pronotée et son bord postérieur est anguleux. Le tubercule prosternal est arrondi, mince, à apex émoussé, légèrement incliné vers l'arrière. Les élytres comme les ailes sont longs, dépassant nettement l'extrémité abdominale et les genoux postérieurs. Les criques mâles sont courts, rectangulaires et la plaque sous génitale est incisée (Duranton et Lecoq, 1990). Le corps comprend trois parties bien distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen (Figure 1). La tête comprend de chaque côté du front les antennes, qui sont des organes des sens, mais dont le rôle n'est pas entièrement connu. Deux gros yeux bruns à facettes (9400 facettes) rayés longitudinalement permettant à l'insecte une bonne perception des mouvements, trois yeux simples ou ocelles situés au milieu et au sommet du front servent probablement à la perception des sensations lumineuses. Les pièces buccales sont constituées essentiellement du labre qui pousse les aliments vers les autres pièces buccales et les deux mandibules qui sont considérées comme une paire de mâchoires inférieures qui permet de couper et de broyer les aliments, une deuxième paire de mâchoires (les maxilles) et une lèvre inférieure (le labium).—Les maxilles et la lèvre inférieure sont pourvues de palpes articulés, qui sont des organes accessoires qui servent à l'insecte à examiner sa nourriture (Mallamaire et Roy, 1968). La coloration du Criquet pèlerin est très variable, elle dépend de l'état phasaire et de la maturation sexuelle, les yeux sont striés. Les élytres sont maculés de taches brunes. Les tibias postérieurs sont de la teinte générale du corps. Les ailes sont hyalines, rosâtres ou jaunâtres selon la phase et l'état de maturation sexuelle de l'individu (Duranton et Lecoq, 1990).

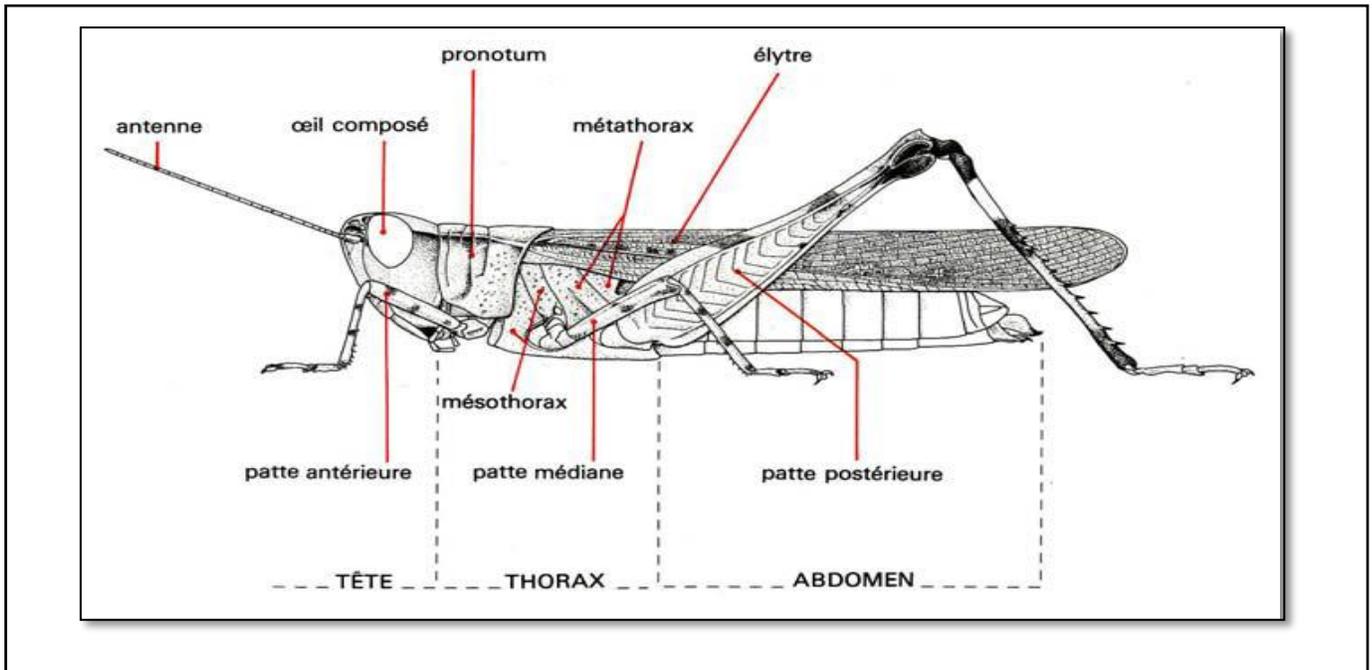


Figure 1.- Aspect général de criquet pèlerin (*S. gregaria*) (Lecoq, 2010).

I.2.2.4. Biologie

Le Criquet pèlerin, comme tous les autres acridiens, passe par trois stades successifs : l'œuf, la larve (ou nymphe) et l'ailé. Les œufs sont pondus par les femelles. Lors de l'éclosion, naissent de jeunes criquets dépourvus d'ailes, appelés larves. Les larves se débarrassent de leur cuticule cinq à six fois pendant leur développement et leur taille s'accroît à chaque fois. Ce processus s'appelle la mue et la période qui sépare deux mues successives s'appelle un stade. La dernière mue, du stade larvaire 5 (ou 6) dépourvu d'ailes à l'imago, ou ailé, s'appelle la mue imaginale (Figure 2). Le nouvel ailé, appelé «jeune ailé», doit attendre le séchage et le durcissement de ses ailes avant de pouvoir voler. Les ailés ne muent pas et leur taille ne s'accroît donc pas mais leur poids augmente progressivement. Les ailés qui peuvent voler sont, au départ, sexuellement immatures. Quand ils deviennent sexuellement matures, ils peuvent s'accoupler et pondre des œufs (Symmons et Cressman, 2001).



Figure 2.- Développement larvaire et imago chez le criquet pèlerin (Originale)

Les Criquets mâles commencent leur maturation les premiers. Ils dégagent des substances chimiques qui déclenchent la maturation des femelles (et aussi celle des mâles immatures). À partir de ce moment, les ovaires des femelles commencent à croître. Le vitellus s'accumule peu à peu dans les ovocytes qui deviennent jaunes et dont la taille s'accroît progressivement jusqu'à atteindre la taille du futur œuf lors de la ponte. La dernière étape est le dépôt du chorion, enveloppe externe de l'œuf. Cette phase correspond à la phase de vitellogenèse du premier ovocyte situé à la base de chaque ovariole. Elle se termine avec la première ponte et se renouvellera pour les pontes successives ultérieures (Duranton et Lecoq, 1990).

Au moment de l'accouplement, le mâle s'agrippe à la femelle et introduit le pénis dans le vagin. Le sperme sécrété est conservé par la femelle dans le réceptacle séminal et ce n'est qu'à l'époque de la ponte qui peut suivre l'accouplement de quelques jours à plusieurs semaines si les conditions de milieu ne sont pas favorables, que chaque œuf est fécondé au passage, par un spermatozoïde qui pénètre par un pore (Mallamaire et Roy, 1968).

Après l'accouplement, la femelle cherche un endroit propice à la ponte et choisit en général un endroit sablonneux et frais. Elle creuse ensuite le sol avec son oviscapte qu'elle enfonce d'une manière d'un taraud ; son abdomen rendu turgescence et distendu peut s'enfoncer jusqu'à une profondeur de 7 cm environ, en moyenne, et quelquefois peut atteindre 15 cm, les trous de pontes sont nettement visibles et la grappe d'œufs est recouverte, jusqu'à la surface par une substance spongieuse que secrète la femelle et qui se solidifie à l'air ; chaque femelle dépose en moyenne, en plusieurs jours, 3 à 4 pontes. Elle peut être fécondée à plusieurs reprises et peut déposer jusqu'à dix oothèques au cours de sa vie. Chaque oothèque groupant une cinquantaine à une centaine d'œufs (Mallamaire et Roy, 1968).

La ponte a lieu à n'importe quel moment du jour ou de la nuit dans des sols qui peuvent être assez variés, depuis le sable assez grossier jusqu'aux argiles limoneuses. Le sol doit être humide, au moins sous la surface (à partir de - 5 cm). Sauf cas particulier, l'humidité édaphique nécessaire à la ponte maintient des conditions acceptables pour toute la durée du développement larvaire. La ponte dure entre une heure et demie et deux heures. Une femelle ayant pondu conserve, sur les valves de l'oviscapte, des traces de matière spumeuse qui permettent, à l'examen, de déterminer si elle a pondu avant sa capture (Duranton et Lecoq, 1990). Le nombre moyen d'œufs contenir une oothèque de solitaire est de 110 à 140 œufs, par contre le nombre il est de 40 à 85 œufs chez les grégaires. Chez les transiens le nombre d'œufs est intermédiaire (Popov et al., 1990).

Au Sahel, pendant la principale période de reproduction de juin à septembre, liée aux pluies de mousson, la durée d'incubation des œufs du criquet pèlerin est en moyenne de l'ordre de 13 jours. La durée du développement larvaire varie essentiellement en fonction de la température de l'air. Par ailleurs, dans des conditions écologiques identiques, les grégaires se développent plus rapidement que les solitaires. Chez les grégaires, dans de bonnes conditions, la durée de développement larvaire la plus courte est de 25 jours. Dans de mauvaises conditions elle peut monter jusqu'à plus de 50 jours. Chez les solitaires, dans des conditions optimales le développement larvaire dur au minimum 30 jours. Il peut s'étendre à trois mois en cas de conditions très défavorables (Duranton et Lecoq, 1990).

La durée de cycle biologique chez le Criquet pèlerin diffère selon les conditions écologiques. Duranton et Lecoq (1990), note que la durée du développement larvaire varie essentiellement en fonction de la température de l'air. Par ailleurs, Ould El Hadj et al. (2004) a démontré que la durée de cycle biologique diffère selon le substrat alimentaire ; les larves de *S. gregaria* nourries au chou ont achevé leur cycle de développement en 43,58+4,41 jours (Ould El Hadj et al., 2004). Le cycle biologique des Criquets nourries au blé est de 49,31 jours (Mehenni, 1996).

La longévité globale des imagos dépend de la durée de période de quiescence. Les imagos peuvent ainsi vivre, en moyenne, jusqu'à 180 jours chez les solitaires et 230 chez les grégaires (Duranton et Lecoq, 1990).

I.2.2.5. Aire de distribution

Le Criquet pèlerin est caractérisé par une dynamique des populations qui se manifeste par des périodes de rémission (phase solitaire), ou de résurgence, de recrudescence (phase transiens) et par des périodes d'invasion (phase grégaire). Le criquet pèlerin, en période de rémission se trouve sous forme solitaire ou transiens, avec une capacité de reproduction dans des régions humides qui représente 40% de l'aire d'invasion et il est réparti dans les régions désertiques à partir de l'Afrique de l'Ouest jusqu'au Sud-Ouest de l'Asie (Waloff, 1966).

Le Criquet pèlerin lors de l'invasion couvre une grande surface presque 31 millions de km², cela représente sur le terrain une surface qui s'étend de l'Afrique au Nord de l'équateur jusqu'à la péninsule Arabique et l'Asie du Sud-ouest, bien que 54% de cette aire est infestée seulement en période d'invasion (essaims migrants) (Uvarov, 1977 ; Lecoq, 2004).

Les aires de grégation sont caractérisées par un échange de populations entre les différentes sous-unités, cet échange est abondant et fréquent entre l'Afrique de l'Est et l'Afrique de l'Ouest (Waloff, 1962), ces échanges sont saisonniers et fréquents entre les zones saharo-sahéliennes et l'Afrique du Nord-Ouest (Ould Mohamed Sidya, 1973).

Pendant la période de rémission, les populations du Criquet pèlerin étaient encore limitées à la majeure partie de la zone désertique de la zone d'habitat, soit environ 16 millions de kilomètres carrés.

En Algérie, Les populations solitaires et solitaro-transiens ont généralement de faibles densités sur le terrain, elles varient entre 0 et quelques individus à l'hectare. Ces densités augmentent quand il s'agit de populations transiens, transiens-grégaire et grégaire. Elles peuvent arriver jusqu'à 10 individus au m² et plus. Pour les populations hétérogènes, les densités peuvent varier de quelques individus à l'hectare à plusieurs individus au m². La répartition générale des solitaires s'étend sur l'extrême sud du pays entre les parallèles 19 et 26 N-(figure 3). Dans les régions nord du Sahara algérien, l'occurrence est beaucoup plus faible, sauf dans la région de Béchar entre 29° et 31° N, 1° et 5°W. Les plus hautes fréquences d'occurrence ont été notées au niveau de la zone du Sahara central entre 20° et 25° N, 1° et 5°E. Les transiens montrent qu'ils sont largement répartis dans le Sud algérien (figure 3). Les transiens en Algérie exploitent tous les biotopes des différents domaines sahariens allant du Sahara septentrional au Sahara méridional. La présence des périmètres irrigués renforce la multiplication des populations acridiennes et leurs maintiens pendant une assez longue période. Les plus hautes fréquences sont notées entre le 26 et le 28 parallèle Nord et le 7 et 9 méridien W. Il s'agit de la région de Tindouf. La deuxième zone de haute fréquence est enregistrée au niveau des parallèles 20 et 23° N et des méridiens 0205° E. De hautes fréquences ont été notées, aussi, dans la région de Béchar (30-32° N et 01-04°N) et dans la région d'Adrar (27°N et 0-01° W°), ceci est lié à la présence de pivots (Mahdjoubi et Benrima, 2012).

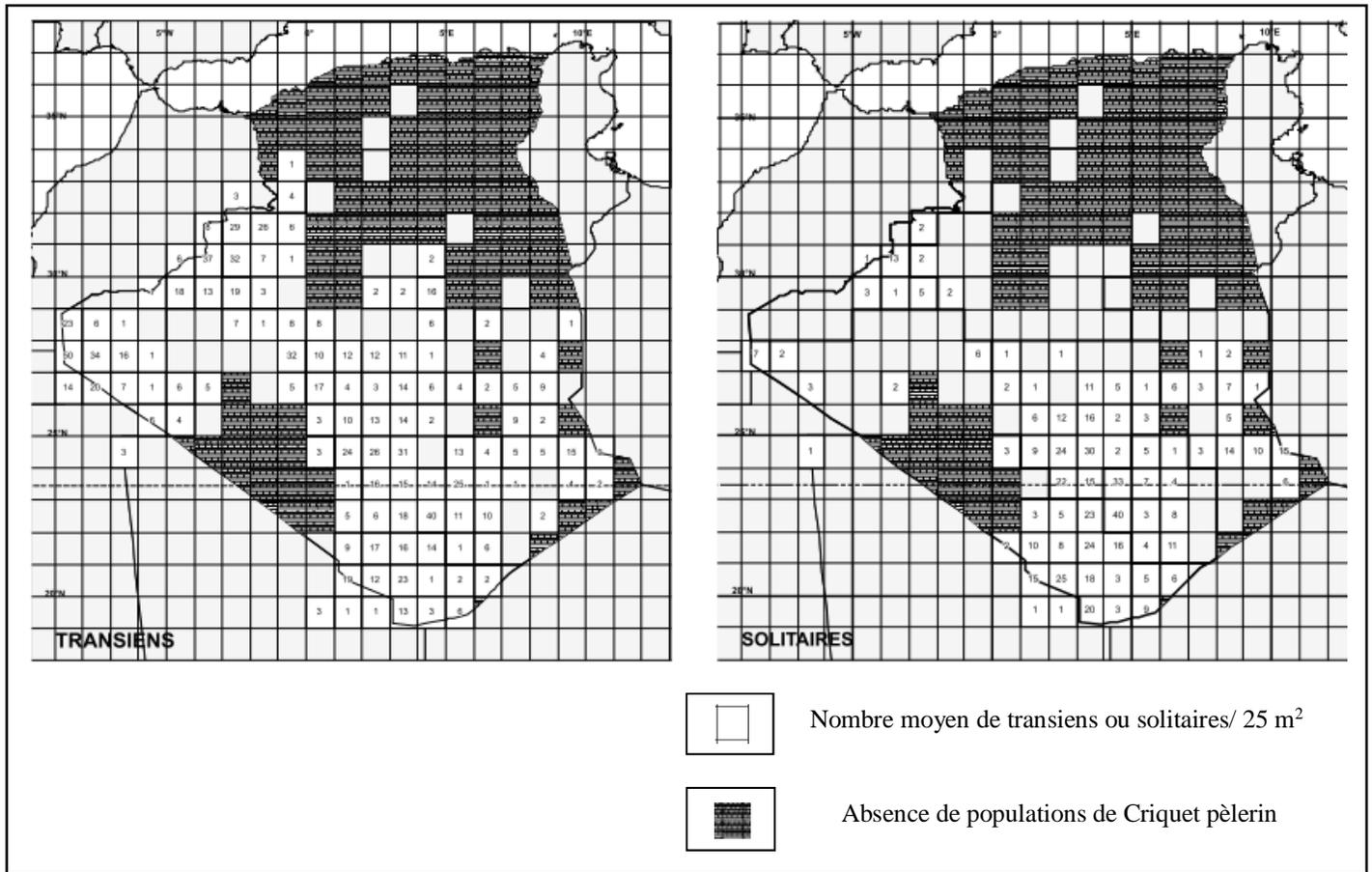


Figure 3.- Répartition des populations du criquet pèlerin dans le Sahara Algérien au cours des années 2007 et 2011 (état solitaire et transiens) (Mahdjoubi et Benrima, 2012).

I.2.2.6. Système endocrinien

L'appareil endocrinien du criquet comprend tous les ganglions du système nerveux central et trois glandes céphaliques : les Corpora cardiaca, les Corpora allata et les Glandes prothoraciques. Le système endocrinien agit en combinaison avec le système nerveux. Il peut contrôler la régulation du fonctionnement des organes et du métabolisme à partir des sécrétions des substances chimiques et d'hormones. Il est constitué essentiellement de : cellules neurosécrétoires, glandes rétrocébrales, glandes prothoraciques (Girardie J, 1991).

I.2.2.6.1. Cellules neurosécrétrices

Certains neurones ont une activité sécrétoire de glande et sont appelés cellules neurosécrétrices, qui ont la forme de deux amas cellulaires médiane et latérale situés dans le système nerveux central, en particulier dans la pars intracerebralis. Les cellules neurosécrétrices médianes et latérales, produisent un ou plusieurs facteurs prothoracotropes qui provoquent la sécrétion d'ecdysone

responsable sur le phénomène d'exuvie. Les substances sécrétées par ces neurones peuvent stimuler ou inhiber des glandes endocrines comme les Corpora Allata (Girardie A. et Granier, 1973 ; Raccaud-Schoeller, 1980 ; Girardie A., 1991). Les cellules neurosécrétrices médianes jouent un rôle dans le métabolisme glucidolipidique et la réabsorption de l'eau par le rectum, et sont en outre caractérisées par leurs effets anti-juvénilisants (Girardie J., 1991 ; Girardie A., 1991).

Chez les criquets, les cellules neurosécrétrices médianes contrôlent la production de la vitellogenèse (Girardie J. et Girardie A., 1977a), ces cellules secrètent un facteur myotrope qui agit sur les contractions des voies génitales femelles et provoque la ponte (Koller, 1954 ; Girardie A. et Lapon-casal, 1972). Les ovaires, qui contiennent des œufs mûrs, peuvent provoquer un arrêt fonctionnel des cellules neurosécrétrices médianes chez *Schistocerca gregaria* par une hormone ovostatique (antigonadotrope) (Highnam, 1961).

I.2.2.6.2. Glandes rétrocébrales

Les glandes rétrocébrales sont présentées principalement par deux glandes céphaliques paires les Corpora cardiaca et les Corpora allata

Les Corpora Cardiaca ce sont deux épaississements pyriformes de la paroi aortique allongés dorso-ventralement juste en arrière du cerveau. Les deux Corpora Cardiaca sont nettement distincts l'un de l'autre à leur extrémité dorsale, par contre, les extrémités ventrales se rejoignent et constituent le plancher du tube aortique. Les Corpora Cardiaca sont constitués de 2 parties distinctes comme l'hypophyse : l'une glandulaire dorsale, l'autre nerveuse ventrale regroupant principalement les extrémités axoniques des cellules neuro-sécrétrices cérébrales. Les Corpora Cardiaca glandulaires sont constitués de cellules assez volumineuses renfermant des vésicules de sécrétion de 300 nm de diamètre. Le cerveau possède deux paires de nerfs reliant le protocérébron aux Corpora Cardiaca (Girardie J, 1991).

Les Corpora Cardiaca chez le criquet pèlerin produisent le décapeptide (hormone adipocinétique) qui est responsable sur la mobilisation des lipides pendant les épisodes de vol (Gade et *al.*, 1986; Siegert et *al.*, 1985).

Les Corpora Allata ce sont deux petites masses fusiformes chez la larve plus volumineuses et ellipsoïdales chez l'adulte formée de cellules homogènes entourées d'une fine tunique conjonctive. Au pôle supérieur aboutit le nerf allato-cardiaque et au pôle inférieur le nerf provenant du ganglion Sous-Oesophagien. L'activité glandulaire est caractérisée par un développement important du réticulum endoplasmique lisse (Girardie J, 1991).

Les cellules de Corpora Allata produit chez le criquet pèlerin l'hormone juvénile JH3 (trois radicaux identiques) qui est responsable de l'expression des caractères larvaires, contrôle la pigmentation verte et la maturation sexuelle (Girardie J, 1991). Les Corpora Allata produisent l'hormone juvénile qui a un rôle important dans la synthèse des protéines hémolympatiques et permettant ainsi leur pénétration dans les ovocytes au cours du processus de vitellogenèse (Bentz et *al.*, 1970).

I.2.2.6.3. Glandes prothoraciques

Les glandes prothoraciques ce sont deux rubans, présentant des renflements et rétrécissements variés, fixés par leur extrémité dorsale sur la boîte crânienne, reposant dans leur partie moyenne sur le tentorium et ventralement sur la mandibule. Sont de forme très irrégulière et ont des noyaux de taille extrêmement variable.

Les cellules de la glande prothoracique sécrètent l'ecdysone qui contrôle chez les arthropodes la mue et les phénomènes de morphogenèse (Hoffmann, 1980 ; Girardie J, 1991).

I.2.2.7. Comportement alimentaires

La nourriture est l'un des facteurs écologiques importants qui influence plusieurs paramètres biologiques des populations d'orthoptères comme, la fécondité, longévité, développement et le taux de reproduction (Dajoz, 1982).

Les insectes reconnaissent les plantes hôtes grâce à la vision (Prokopy et Owens, 1983), olfaction et la gustation (Finch, 1980 ; Staedler, 1982). Les diverses odeurs particulières émises par les plantes ont un effet attractif vis-à-vis de *Schistocerca gregaria* (Haskell et al., 1962). Le processus biochimique joue généralement un rôle essentiel dans l'identification de diverses plantes nourricières et ainsi sur la prise de nourriture chez l'insecte phytophage (Champan, 1977 a ; Kogan, 1977 ; Dethier, 1980).

La prise de nourriture est précédée généralement chez le criquet pèlerin par une reconnaissance comportementale (Sinoir, 1969 ; Blaney et Chapman ; 1970, Louveaux ; 1978 ; Mordue, 1979). Généralement le criquet explore la surface de la feuille avec ses palpes avant de mordre. Le rejet du végétal s'effectue habituellement après la morsure. Toutefois, chez *Locusta migratoria* et *Schistocerca gregaria*, il peut y avoir rejet de la plante inhabituelle juste après l'étape de palpation et sans morsure (Blaney et al., 1985). Ce comportement résulte d'une sorte d'apprentissage, l'insecte associant les stimuli enregistrés par ses palpes avec le rejet qui suit les premières morsures (Blaney et Simmonds, 1985). L'acceptation de la nourriture par les insectes dépend des diverses substances phago-stimulantes contenues dans la nourriture (Thorsteinson, 1960; Hsiao, 1969 ; Le Gall, 1989 ; Moumen, 1997). Les plantes peuvent être classées selon leur relations avec les criquets et sauterelles en quatre catégories : les plantes alimentaires, les espèces végétales toxiques, les plantes hôtes refuges non consommées et les plantes répulsives (Doumandjiet Doumandji mitiche ,1994).le criquet pèlerin nourries sur des plantes à haute teneur en hydrate de carbone et en protéines (Simpson. et Raubenheimer., 1993; Raubenheimer et Simpson, 2000). Les mâles de *S. gregaria* en croissance préfèrent la consommation des plantes riches en sucres et lipides et protéines (Kayed, 1983).Le criquet pèlerin à des préférences alimentaires pour plusieurs plantes de différentes familles botaniques telles que les Poaceae, les Brassicaceae et les Fabaceae (Uvarov, 1928 cité par Doumandji et Doumandji-Mitiche, 1994). Par contre, certain nombre de plantes sont caractérisés par leurs actions répulsif et toxique sur *S. gregaria* notamment : *Melia azerdarach*, *Melia volkensii*, *Azadirachta indica*, *Glinus lotoides* (Abbassi et al., 2003a).

Dans les conditions de sécheresse et l'absence de l'eau, l'alimentation apporte les quantités nécessaires d'eau pour la survie de l'acridien (Bernays et Chapman, 1973). Lors de la disponibilité d'eau, les acridiens ont la capacité d'absorbé de l'eau libre (Gangwere, 1960 ; Loveridge, 1975 ; Bernays, 1977). Dans les conditions de sécheresse et manque d'eau, les criquets peuvent changer leurs affinités vis-à-vis des plantes, ils consomment certaines plantes peu propices à leur développement mais dont la teneur en eau est relativement élevée (Ben Halima et *al.*, 1984). La pression osmotique de l'hémolymphe est un facteur important dans la régulation des quantités globales ingérées (Cook, 1977). Les larves de *Schistocerca gregaria* peuvent ajuster son régime alimentaire sec ou frais en fonction de la consommation d'eau précédente et de l'équilibre osmotique dans le corps (Leis et Bernys, 1985).

I.3. Élevage du Criquet pèlerin

La présente étude porte sur les juvéniles du 5^{ème} stade et sur les imagos du Criquet pèlerin d'une population transiens issus d'un élevage de masse réalisé au niveau de la salle d'élevage de la faculté Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Ghardaïa.

Les individus de Criquet pèlerin (20 couples) maintenus en élevage de masse au niveau du laboratoire proviennent d'une population solitaire observée dans les périmètres céréaliers irrigués sous pivot dans la zone d'Hassi Lefhal, région de Ghardaïa (Sahara septentrional algérien). Elle est située à 113 Km au sud de Ghardaïa. Les criquets sont placés selon les stades d'étude dans deux cages parallélépipédiques dont la charpente en bois de dimension 1,2 m x 0,80 m x 0,70 m. La base de la cage est un contre-plaqué et le reste est constitué d'un grillage métallique à mailles fines. Une petite trappe qui coulisse située à la face avant permet l'accès à l'intérieur de la cage. L'une des cages ne contient que les juvéniles du 5^{ème} stade et dans l'autre dont le fond de la cage comporte des ouvertures circulaires où sont placés des pondoires remplis de sable humidifié régulièrement sont placés les imagos du Criquet pèlerin en élevage de masse (Photo4 (A, B, C)). L'élevage est maintenu à une température de $32\pm 4^{\circ}\text{C}$ et avec une humidité relative de $65\pm 5\%$. Des lampes de 160 W assurent un éclairage continu. L'alimentation est constituée essentiellement des feuilles de choux *Brassica oleracea* L. (Brassicaceae), de blé dur *Triticum durum* L. (Poaceae), de gazon *Stenotaphrum americanum* L. (Poaceae) et du son de blé comme complément. Le renouvellement de la nourriture, le nettoyage, l'humidification des pondoires, ainsi que la vérification des pondoires pour la recherche des oothèques s'effectuent quotidiennement.



Photo 4_(A, B).- Cage d'élevage du Criquet pèlerin (Originale)

I.4. Matériels de laboratoire

Pour réaliser cette étude, plusieurs matériels de laboratoire ont été utilisés, tels que :

- Balance de précision du type PX323 Pioneer™ précision, référence : 30429805.
- Broyeur à couteaux du type M20 Universels, IKA®, Référence : 181.041211.20.
- Chauffe ballons type multipostes série EME, ELECTROTHERMAL®, référence EMEA30250/CE
- Evaporateur rotatif type RC 600-KnF, référence : 707660.
- Micropipette autoclavable, vol. Variable 10-100 µl, référence : MGB005.
- Extracteur de Soxhlet de 250 ml capacité ;
- Flacons en verre coloré, servant à conserver les huiles.
- Un bécher de 250 ml et un erlenmeyer de 250 mL.
- Eprouvette graduée 10 mL.

I.5. Méthodologie

I.5.1. Préparation des extraits végétaux

I.5.1.1. Récolte des graines

Avant de récolter les graines de trois plantes, des sorites de prospection ont été effectuées afin de localiser les plantes soit *P. harmala*, *D. stramonium* et *C. arabica*, leur stade de développement et le degré de maturation des graines. Les graines de trois espèces végétales retenues pour cette étude ont été collectées à partir des plants échantillonnés dans Oued Metlili (région de Ghardaïa, Sahara septentrional Algérien). Après la récolte des graines, ces dernières sont mises dans des sachets en papier portant des étiquettes mentionnant l'espèce, la date et lieu de récolte. Les graines seront ensuite nettoyées de tous les débris ou poussières et subissent un broyage minutieux à l'aide d'un broyeur à couteaux de type (M 20 Universel, IKA®). La poudre récupérée sera conservée dans des bocaux en verre hermétiquement fermés et étiquetés.

I .5.1.2 Extraction des huiles

Le processus d'extraction est basé essentiellement sur la nature de soluté solide ou liquide, et par conséquent sur la solubilité du mélange des composés dans le solvant. Dans la présente étude, le processus d'extraction sera fait à partir d'un système solide-liquide dans un dispositif de Soxhlet.

L'extraction des substances actives est réalisée par la diffusion de la phase solide (soluté) dans la phase liquide (solvant). À la fin de processus, la diffusion s'arrête, la phase liquide sera saturée et le système atteindra l'équilibre. Cependant, si la phase liquide est constamment renouvelée, le processus de diffusion ne s'arrêtera qu'à l'épuisement de la phase solide (Dibert, 1989).

La sélection de la méthode d'extraction s'effectue selon les particularités physicochimiques des substances à extraire. Il existe plusieurs méthodes d'extraction (solide-liquide) selon les constituants phyto-chimiques, des méthodes classiques et d'autres nouvelles sont proposées (Luque de Castro et Garcia-Ayuso, 1998). Les méthodes classiques comprennent : l'infusion, la décoction, la macération, la digestion, la percolation, entraînement à la vapeur d'eau, fermentation hydro-alcoolique, chauffage sous reflux, extraction à chaud en continu (Soxhlet) (Jones et Kinghorn, 2005 ; Handa *et al.*, 2008).

L'extraction par Soxhlet permet de déclencher plusieurs cycles, et cela favorise le rendement en matière active et l'exploitation en maximum de la matière végétale.

Dans ce travail, l'extracteur Soxhlet est utilisé pour l'extraction des huiles lourdes de graines de trois plantes étudiées. Le solvant organique utilisé dans ce processus est l'hexane.

Afin d'extraire l'huile lourde de graines de trois plantes spontanées, 50g de la poudre de graines est déposée dans la cartouche en cellulose, qui permet la pénétration du solvant, le ballon à distiller à capacité 250 mL est rempli d'une quantité de 200 mL d'hexane. Après montage du dispositif, le ballon est chauffé à l'aide d'un chauffe-ballon réglé à 50°C et par conséquent l'hexane se vaporise et remonte jusqu'au réfrigérant par un tube de distillation, après il sera liquéfié au niveau du réfrigérant, il s'accumule dans le corps extracteur de Soxhlet, où la cartouche est placée, et cela permet la macération de la poudre de graines et d'extraire les huiles végétales. Quand le corps extracteur est débordé, il se vide par un siphon qui aspire le mélange en huiles de graines et l'hexane, qui s'accumule dans le ballon à distiller. Le solvant de l'hexane est chauffé et vaporisé à nouveau et il passe à la phase solide du système dans un second cycle d'extraction. Ce processus permettait plusieurs cycles. L'extraction dure environ 8 heures afin d'assurer un bon épuisement de la poudre et d'améliorer le rendement en huile.

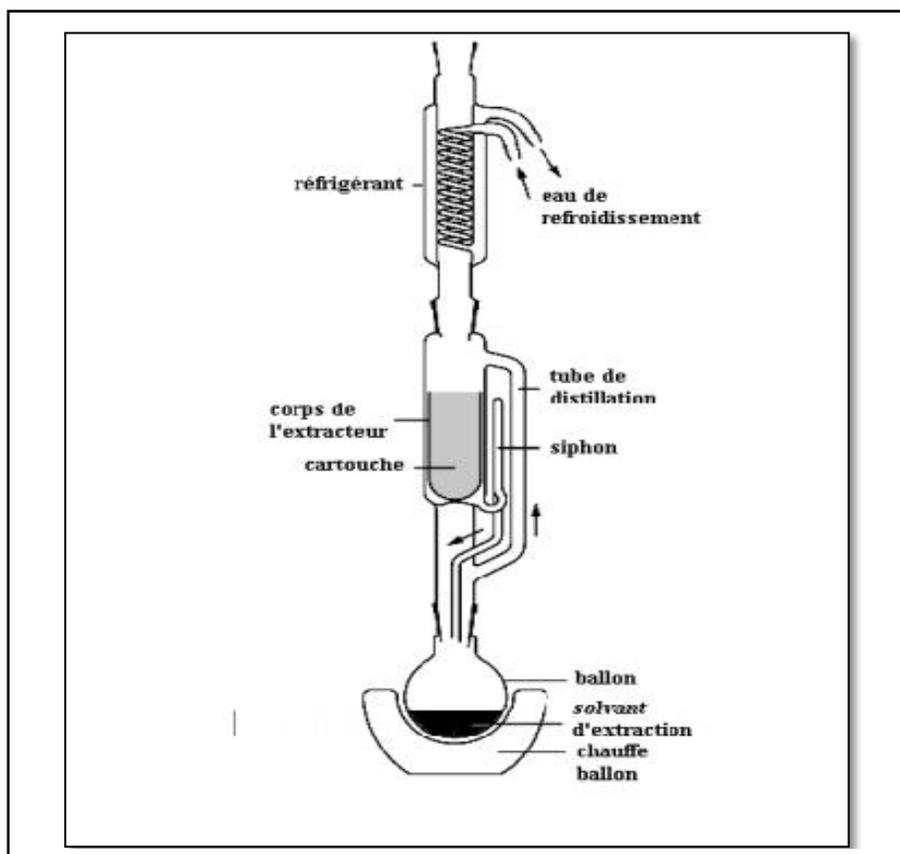


Figure 4.-Schéma représente le dispositif et l'extraction Soxhlet (Wolff, 1968)

La solution de solvant organique l'hexane et huile de graines recueillir dans le ballon a distillé de dispositif de Soxhlet, nécessite une deuxième opération, qui consiste à séparer l'huile de graines de l'hexane. Pour réaliser cette opération, la solution recueillie (hexane et huile de graines) est mise dans un rotor vapeur du type HEIVAP Heidolph, réglé à une température de 55C° et en une vitesse de rotation de 100 tours/minute pendant 15 à 20 minutes. L'appareil permet l'évaporation du solvant organique (hexane) par la rotation sous vide, cette particularité permet d'éviter l'altération des composées par la température élevée. L'hexane évaporé est liquéfié par le réfrigérant est récupéré dans un deuxième ballon de l'appareil, séparant ainsi l'hexane et l'huile de graines. Les huiles récupérées sont conservées dans des flacons hermétiquement fermés et actiniques (marron pour protéger les huiles de la lumière visible).

I.6. Etude de Tests de la toxicité

Afin de tester les effets létaux et sub-létaux des huiles lourdes de graines de trois plantes spontanées *P. harmala* et *D. stramonium* et *C. arabica*, sur les larves L₅ et imagos de Criquet pèlerin, le mode d'injection buccale forcée est appliqué, il consiste l'administration forcée non répété d'une faibles doses d'huile pure végétale aux individus du Criquet pèlerin.

I.6.1. Constitution des lots expérimentaux

Des tests préliminaires ont été effectués afin de déterminer la dose d'huile pure la plus faible à appliquer parmi les trois huiles de graines des plantes testées, elle correspondre à la concentration d'huile pure capable d'engendrer une mortalité chez les individus du Criquet pèlerin. Pour estimer les doses d'efficacité, cinq doses ont été retenues soit (20 µl, 40 µl, 60 µl, 80 µl, 100 µl) pour les larves L₅ et les doses (60 µl, 80 µl, 100 µl, 120 µl, 140 µl) pour les imagos. Afin d'éviter un traitement avec des doses différentes d'eau distillée chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* témoins, on a retenu les doses maximales soit 100 µl /individu pour les larves L₅ et 140 µl /individu pour les imagos.

Pour chaque huile de graines d'une espèce végétale, douze lots d'insectes ont été préparés, six lots pour les larves L₅ (un lot pour témoin et cinq lots pour traitement) et six lots pour les imagos (un lot pour témoin et les lots restants sont réservés pour le traitement). Chaque lot constitué selon le stade de développement (larves L₅ ou imagos) de cinq individus mâles et de cinq individus femelles. Il est important de noter que nous avons effectués trois répétitions pour chaque traitement ou témoins, ce qui fait, 30 individus (larve L₅ ou imagos)/dose d'une huile pure végétale ou de l'eau distillé.

I.6.2. Application des tests

Après l'examen préliminaire des doses, les concentrations en huiles pure de graines de trois plantes retenues sont appliquées sur les larves L₅ et imagos de *S. gregaria*.

Dans la présente étude, le mode de traitement consiste à injecter à l'aide d'une micropipette une dose d'huile végétale pure dans l'œsophage de l'insecte. Pour chaque huile de graines d'une espèce végétale, les larves L₅ et les imagos de *S. gregaria* reçoivent une quantité d'huile végétale bien déterminée. Bien que, les larves L₅ et les imagos des lots témoins ont été traitées par de l'eau distillée.

En raison de commodité au laboratoire, le choix des stades porte sur les imagos et les larves de cinquième stade. Les larves L₅ et imagos sont mises individuellement dans des bocaux d'une capacité ½ litre. Les bocaux des larves L₅ sont dotés de supports pour permettre se percher au cours de la mue.

Les individus sélectionnés pour les tests biologiques sont maintenus dans les mêmes conditions de température et d'humidité que l'élevage de masse. Ils sont mises à jeuner pendant 24h avant le

traitement afin de les affamer et de leurs permettre de vider leurs tube digestif. Après 24 heures d'isolement, l'injection d'un volume bien déterminé d'huile végétale ou témoin est effectuée. Après injection d'huile pure, l'individu traité est remis dans son bocal et est alimenté par un fragment de feuille fraîche de chou *Brassica oleracea* L. (Brassicaceae) de surface (49cm²) et du poids connu. Après 24 heures, les fragments de chou non consommés sont récupérés afin de prendre leurs empreintes sur du papier millimètre, ceci permet l'estimation de la surface non consommée qui serve par la suite à l'estimation de la quantité consommée. Cette opération est répétée quotidiennement durant toute la durée de suivi expérimental. Le renouvellement de la nourriture, estimation des quantités ingérées, le pesé des fèces et des individus et le comptage du nombre de morts sont effectuées quotidiennement.

La durée de suivi expérimental est variable, pour les larves L₅, elle est effectuée jusqu'au passage de toute les larves L₅ au stade imago ou leurs morte, et pour les imagos, elle est fixée en maximum de 30 jours.

Afin de permettre cette étude, deux lots d'insectes ont été maintenus pour chaque huile de graines d'une espèce végétale, dont un lot pour les larves L₅ et le second pour les imagos, donc on a six lots pour les trois huiles de graines des espèces végétales, et deux lots pour le témoin (un lot est constitué de larves L₅ et le deuxième est composé d'imagos), ce qui fait un total de huit lots (quatre lots composés de larves L₅ et et quatre lots constitués d'imagos). À la raison que chaque lot contient 22 individus d'insectes dont 11 mâles et 11 femelles.

I.7. Paramètres étudiés

Dans la présente étude, notre objectif est de tester les effets des huiles de graines de trois plantes spontanées sahariennes (*Datura stramonium*, *Peganum harmala*, *Cleome arabica*) sur quelques paramètres biologiques (mortalité, consommation, croissance pondérale, digestion, mue, la motricité, etc...) des larves L₅ et les imagos de *Schistocerca gregaria*.

I.7.1. Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction est le pourcentage du rapport du poids des huiles pures extraites au poids de la matière végétale d'origine utilisée pour l'extraction. Il est estimé en appliquant la formule suivante :

$$RE(\%) = [\text{Poids d'huile pure extraite (g)} / \text{Poids de la matière végétale (g)}] \times 100.$$

I.7.2. Effet sur la mortalité

En toxicologie, la mortalité est le paramètre le plus important pour évaluer l'efficacité d'un produit naturel ou Synthétique. La mortalité est généralement estimée par l'application de plusieurs formules qui permettent de calculer : le pourcentage de la mortalité observée, la mortalité corrigée, le temps létal (TL₅₀) ; qui sont maintenues pour la présente étude.

Dans un test de toxicité, le premier critère a étudié c'est le pourcentage de mortalité dans la population traitée. Dans notre travail on a deux populations à tester les larves de 5^{ème} stade et les imagos de *S. gregaria*, traités et témoins. On calcule le pourcentage de mortalité des larves de 5^{ème} stade et les imagos à partir de la formule suivante :

Mortalité observée = [Nombre de morts/Nombre total des individus] x 100

(Tedonkeng Pamo et *al.*, 2002).

I.7.3. Temps léthal 50 (TL₅₀)

Le temps léthal 50 (TL₅₀) est le temps nécessaire pour que 50% des individus de la population traitée morts suite à l'exposition a un produit donné. Il est calculé à partir de la droite de régression des probits correspondant aux pourcentages des mortalités corrigées en fonction des logarithmes des temps du traitement (Ramade, 2007).

Mortalité corrigée, elle est estimée en appliquant la formule de Schneider, elle est comme suivant :

$$\text{Mortalité corrigée (\%)} = M_c = [M_2 - M_1 / 100 - M_1] \times 100$$

M_c : % de mortalité corrigée ;

M₂ : % de mortalité dans la population traitée ;

M₁ : % de mortalité dans la population témoin.

I.7.4. Effet sur la digestion

Afin de ressortir les effets des huiles de graines (testés) sur la digestion des larves L₅ et les imagos du criquet pèlerin, on étudiées le coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA), l'indice de consommation (IC) et le coefficient de conversion digestif (CCD).

I.7.4.1. Coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA)

Coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) correspond au pourcentage des nutriments ingérés qui ne finira pas dans les fèces. Il représente les résultats d'interaction entre le tube digestif et la composition de la plante consommée. Le (CUDA) est déterminée selon l'équation de Walbauer (1968).

$$\text{CUDA} = ((\text{Quantité ingéré} - \text{poids de fèces}) / \text{Quantité ingéré}) \times 100$$

I.7.4.2. Coefficient de conversion digestif (CCD)

Coefficient de conversion digestive (CCD) correspond au rapport entre l'accroissement du poids de l'animal durant 24 heures la quantité de la nourriture ingérée au cours de la même période

(Walbrauer, 1968). Il est estimé par la formule suivante :

$$\text{CCD}(\%) = [(\text{Gain du poids vif}) / (\text{Quantité de la nourriture ingérée})] \times 100$$

I.7.4.3. Indice de consommation (IC)

Indice de consommation (IC) est évalué en calculant le rapport entre la quantité d'aliments consommée par un animal pendant une période déterminée et son gain de poids vif pendant le même temps (Boccard, 1963). Il est estimé par la formule suivante :

$$\text{IC} = \text{Quantité ingérée} / \text{gain du poids vif}$$

I.7.5. Analyse statistique de la variance ANOVA

A l'aide du logiciel «XLSTAT Version 2012», les résultats obtenus aux différents tests expérimentaux ont été statistiquement interprétés par une analyse de variance à un facteur ANOVA. Lorsque les résultats étaient significatifs à $p = 0,5$. Les tests de Tukey (HSD) ont été appliqués. Le test de comparaisons multiples de Tukey, dit test HSD (abréviation de Honestly Significant Difference) a pour but de distinguer parmi les échantillons s'il y en a qui diffèrent significativement des autres. Ce test permettra la comparaison de différentes moyennes de groupe en déterminant le niveau de signification et les interférences entre facteurs étudiés.

Chapitre. II :

Résultats et discussion

Chapitre. II. - Résultats et discussion

II.1.- Rendement des graines en huiles lourdes extraites

Le calcul du rendement d'extraction permet d'estimer la teneur en huile lourde des graines des trois plantes étudiées. Le calcul du rendement montre que la teneur des graines en huile varie entre les trois plantes testées (figure 5).

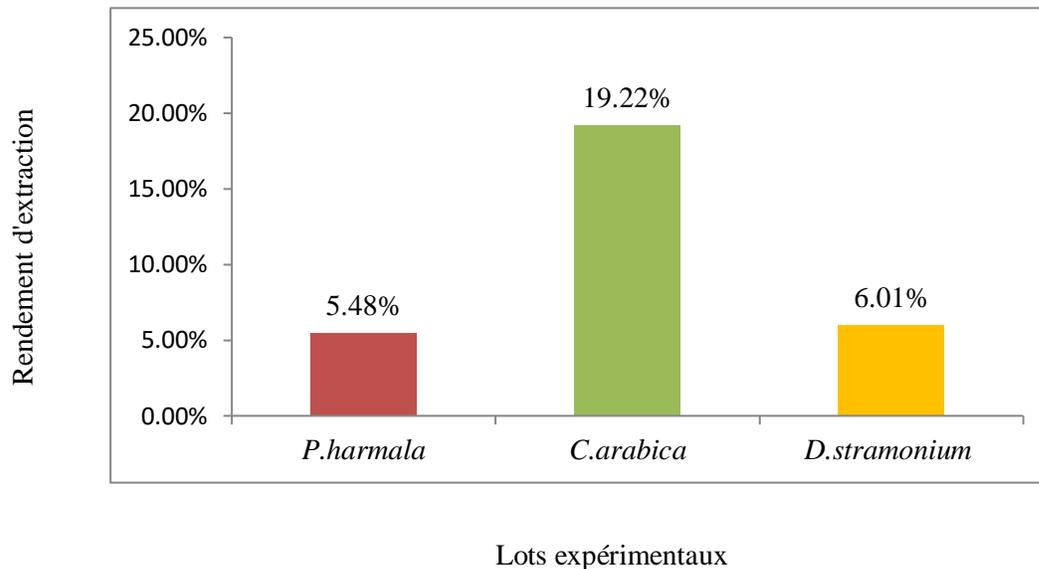


Figure 5.- Rendement d'extraction en huile extraite à partir des graines de *Peganum harmala*, *Cleome arabica* et *Datura stramonium* récoltées dans la région de Ghardaïa (Nord du Sahara Algérien).

Dans la présente étude, le rendement d'extraction calculé détermine la quantité en huile lourde contenue dans les graines des plantes choisies. Les résultats du calcul du rendement d'extraction en huile des graines des trois plantes spontanées récoltées dans le nord du Sahara algérien, montrent que les graines de *C. arabica* sont plus riches en huile végétale par rapport aux deux plantes de *D. stramonium* et *P. harmala*, avec un rendement d'extraction de 19,22% suivi par les rendements des graines de *D. stramonium* après celui des graines de *P. harmala* qui ont obtenu un rendement d'extraction en huile de 6,01% et de 5,48% respectivement (figure 5).

D'après les résultats de la présente étude, il ressort que la teneur en huile des graines de *C. arabica* est moyenne. À l'heure actuelle, aucune autre recherche n'a été trouvée sur le rendement d'extraction d'huile des graines de la plante *C. arabica*. En outre, il est apparu que le rendement d'extraction en huile des graines des deux plantes spontanées *P. harmala* et *D. stramonium* est faible. Selon Idrissi Hassani et El Hadek (1999), le rendement d'extraction d'huile lourde des graines de la plante *P. harmala* récoltées dans la région d'Agadir (piedmont sud du Haut Atlas

(Maroc)), est de 10%. De plus, les graines de la plante *D. stramonium* récoltées dans le nord du Sahara algérien rapportent un rendement d'extraction en huile de 5,83% (Herouini, 2021).

Plusieurs chercheurs ont démontré que les valeurs du rendement d'extraction d'huile à partir de graines des plantes spontanées est très variables en fonction de la diversité des plantes et même dans la même espèce végétale.

Le nombre d'éléments constitutifs d'une plante varie selon l'espèce végétale considérée ainsi qu'au sein d'une même espèce végétale selon le stade de développement, l'écotype, la saison, le moment de la récolte, l'organe (feuille, tige, racine, etc.) (Lagunez, 2006).

Les variations du rendement d'extraction en huile de graines appartenant à la même espèce végétale peuvent s'expliquer par la différence de biotope (conditions environnementales) qui agissent sur le degré de la maturité des fruits ou la méthodologie et les pratiques adoptées pour l'extraction telle que la taille des particules broyée, le solvant utilisé, la méthode d'extraction employée.

D'après Salvador et *al.*, (2003), la quantité d'huile de graines peut varier au sein d'une même espèce végétale en fonction du degré de maturité du fruit ; elle est maximale en début de maturation et diminue légèrement ensuite.

Selon Luque-Garcia and Luque de Castro (2004), le rendement d'extraction en huile totale des graines oléagineuses s'améliore en fonction de la dimension des particules ; plus la taille des particules est petite, plus le rendement est élevé.

Le choix de la méthode d'extraction et du solvant utilisé influence sur le rendement d'extraction du matériel végétal. La technique d'extraction Soxhlet est plus performante par rapport aux autres techniques d'extraction conventionnelles sauf dans le cas de l'extraction de composés thermolabiles (Luque de Castro et Garcia-Ayuso 1998). En outre, il est préférable d'utiliser un solvant caractérisé par une faible viscosité avec une masse volumique peu élevée afin de faciliter son agitation et d'accélérer le processus de diffusion et d'augmenter la séparation mécanique (Dibert, 1989 ; Leybros et Frémeaux, 1990).

II.2. Effets létaux et sub-létaux des huiles végétales lourdes sur les larves L₅ et les imagos de *Schistocerca gregaria*

L'objectif de notre étude, est de tester les effets létaux et sub-létaux des huiles lourdes de graines de trois plantes acridifuges du Sahara Algérien (*Peganum harmala*, *Cleome arabica*, *Datura stramonium*) sur les larves L₅ et les imagos de *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera-Acrididae). Les paramètres biologiques étudiés sont le taux de mortalités cumulé, le temps létaux 50 (TL₅₀), la mue (chez les larves L₅), la prise de nourriture, la progression pondérale, l'activité locomotrice, la digestion et autres.

Pour estimer les effets néfastes de ces huiles végétales sur la digestion, le coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDa), le coefficient de conversion digestif (CCD) et l'indice de consommation (IC) ont été calculés.

II.2.1. Effet des huiles végétales lourdes sur la mortalité

II. 2.1.1. Étude de la mortalité cumulée

Les tests préliminaires réalisés par l'injection buccale forcée de différentes doses d'huile pure de graines chez les larves L₅ et les imagos de *S. gregaria*, ont montré que les doses d'huile pure de graines les plus efficaces (les faibles doses qui ont un effet léthal) entre les trois huiles de graines lourdes issue de trois plantes acridifuges (*P. harmala*, *C. arabica*, *D. stramonium*), sont obtenus par l'huile pure de graines de *D. stramonium* avec 60 µl et de 120 µl respectivement.

Les pourcentages de mortalités cumulées enregistrés chez les larves L₅ et imagos de *S. gregaria* témoins et traitées par l'injection buccale forcée des huiles de graines lourdes des trois plantes spontanées *P. harmala* et *C. arabica* et *D. stramonium*, sont regroupés dans les tableaux 1,2.

Tableau 1.- Taux journaliers de mortalité cumulée enregistré chez les larves L₅ de *S. gregaria* témoins et traitées par les huiles de graines de *P. harmala* et *C. arabica* et *D. stramonium*

Temps (jours)	Lots expérimentaux (Les taux de mortalité %)			
	Témoin	<i>P. harmala</i>	<i>C. arabica</i>	<i>D. stramonium</i>
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	18,18	0,00	13,63
3	0,00	22,72	4,54	40,90
4	0,00	36,36	22,27	54,54
5	0,00	36,36	27,27	59,09
6	0,00	36,36	27,27	68,18
7	0,00	36,36	31,82	81,81
8	Imago	36,36	36,36	90,90
9	Imago	40,90	40,91	90,90
10	Imago	40,90	45,45	90,90
11	Imago	40,90	50,00	90,90
12	Imago	50,00	50,00	90,90
13	Imago	Imago	50,00	90,90
14	Imago	Imago	59,10	95,45
15	Imago	Imago	59,10	95,45
16	Imago	Imago	63,64	100
17	Imago	Imago	Imago	-

Tableau 2.- Taux journaliers de mortalité cumulée enregistrés chez les imagos de *S. gregaria* témoins et traités par les huiles de graines de *P. harmala*, *C. arabica* et *D. stramonium*

Temps (jours)	Lots expérimentaux (Les taux de mortalité %)			
	Témoin	<i>P. harmala</i>	<i>C. arabica</i>	<i>D. stramonium</i>
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	9,09
5	0,00	0,00	4,54	13,64
6	0,00	9,09	9,09	54,54
7	0,00	9,09	9,09	77,27
8	0,00	9,09	9,09	86,36
9	0,00	9,09	13,64	86,36
10	0,00	18,18	13,64	90,91
11	0,00	18,18	13,64	90,91
12	0,00	18,18	22,73	95,45
13	0,00	18,18	27,27	100
14	0,00	27,27	27,27	-
15	0,00	27,27	31,82	-
16	0,00	31,82	31,82	-
17	0,00	31,82	31,82	-
18	0,00	31,82	31,82	-
19	0,00	31,82	31,82	-
20	0,00	36,36	31,82	-
21	0,00	40,91	31,82	-
22	0,00	40,91	31,82	-
23	0,00	40,91	31,82	-
24	0,00	40,91	40,91	-
25	0,00	40,91	40,91	-
26	0,00	40,91	40,91	-
27	0,00	40,91	40,91	-
28	0,00	40,91	40,91	-

29	0,00	50,00	45,45	-
30	0,00	50,00	45,45	-

Les huiles de graines lourdes de ces plantes acridifuges spontanées (*P. harmala* et *C. arabica* et *D. stramonium*) provoquent chez les larves L₅ et imagos mâles et femelles de *S. gregaria* un effet létal qui se manifeste par des pourcentages de mortalités variables selon l'huile végétale pure injectée (figures 6,7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14). L'huile de graines de *D. stramonium* est plus toxique vis-à-vis les larves L₅ de *S. gregaria* comparativement aux deux huiles de graines de *P. harmala* et *C. arabica*. De plus, l'huile de graines de *C. arabica* est plus toxique sur les larves L₅ de *S. gregaria* comparativement à l'huile de graines de *P. harmala* (figure 6). L'huile de graines de *D. stramonium* s'avère également plus toxique vis-à-vis les imagos de *S. gregaria* par rapport aux deux huiles de graines de *C. arabica* et *P. harmala*. Il paraît que les imagos de *S. gregaria* sont plus sensibles à l'huile de graines de *P. harmala* comparativement à l'huile de graines de *C. arabica* (figure 10).

Dans cette présente étude, il est a retenu que la dose de l'injection buccale forcée pour les larves L₅ de *S. gregaria* est de 60µl/individu de l'un des huiles végétales pures. Les larves L₅ de *S. gregaria* traitées par l'injection buccale forcée d'huile de graines de *P. harmala* ont enregistré un taux de mortalité de 50% après 12 jour, le taux de mortalité variait selon le sexe, 54,54% chez les larves L₅ mâles et 45,45% chez les larves L₅ femelles. De plus, l'injection buccale forcée d'huile de graines de *C. arabica* chez les larves L₅ de *S. gregaria* engendre un taux de mortalité de 63,63% au bout de 16 jours, cette action létale provoquée par l'huile de graines de *C. arabica* est différent selon le sexe, chez les larves L₅ mâles le taux de mortalité observé est de 90,91%, tandis que chez les larves L₅ femelles il est de 36,36% après 14 jours de traitement. Par ailleurs un taux de mortalité de 100% est enregistré chez les larves L₅ de *S. gregaria* traitées par l'injection buccale forcée d'huile de graines de *D. stramonium* au bout de 16 jours, les larves L₅ mâles sont avérées plus sensibles à cette huile végétale, ils ont atteint le taux de mortalité de 100% après 7 jours seulement du traitement (figure 6). Cependant aucune mortalité n'a été observée chez les larves L₅ mâles et femelles de *S. gregaria* témoins. Ces taux de mortalité observés chez les larves L₅ mâles et femelles de *S. gregaria* traitées prouvent que les larves L₅ mâles sont plus sensibles à ces huiles végétales par rapport aux larves L₅ femelles (figure 9). De plus, Il semble que l'huile de graines de *D. stramonium* soit plus toxique pour les larves L₅ mâles de *S. gregaria*, suivie par l'huile de graines de *C. arabica*, puis l'huile de graines de *P. harmala* (figure 7). Il convient également de noter que l'huile de graines de *D. stramonium* est plus toxique pour les larves L₅ femelles. Par contre, les larves L₅ femelles se révèlent plus sensibles à l'huile de graines de *P. harmala* par rapport à l'huile de graines de *C. arabica* (figure 8).

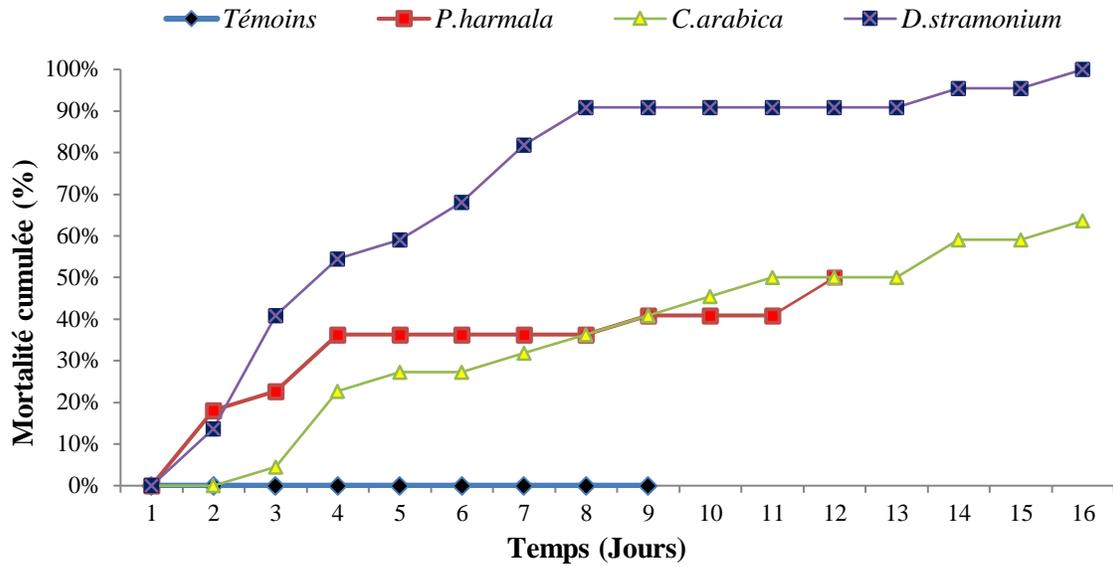


Figure 6.- Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les larves L₅ de *S.gregaria* témoins et traitées par les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*

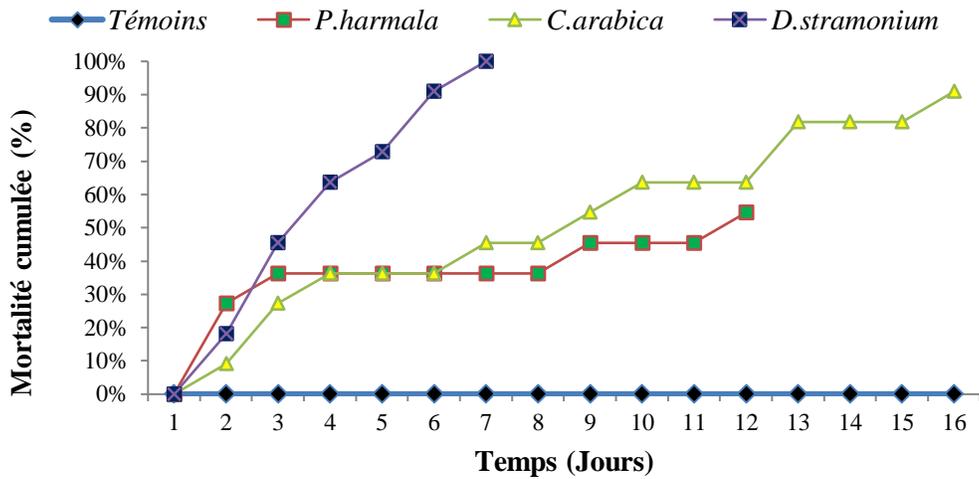


Figure 7.- Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les larves L₅ mâles de *S.gregaria* témoins et traitées par les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*

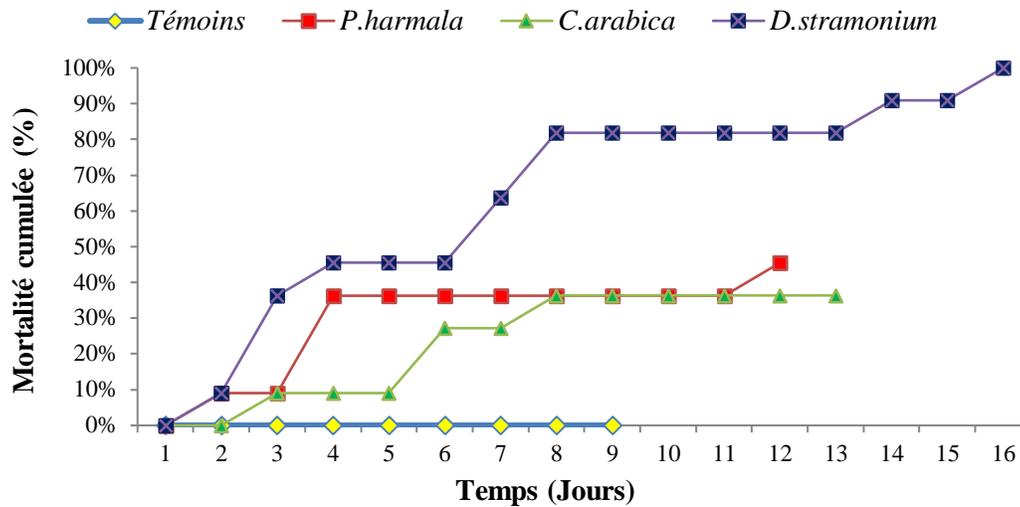


Figure 8.- Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les larves L₅ femelles de *S.gregaria* témoins et traitées par les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*

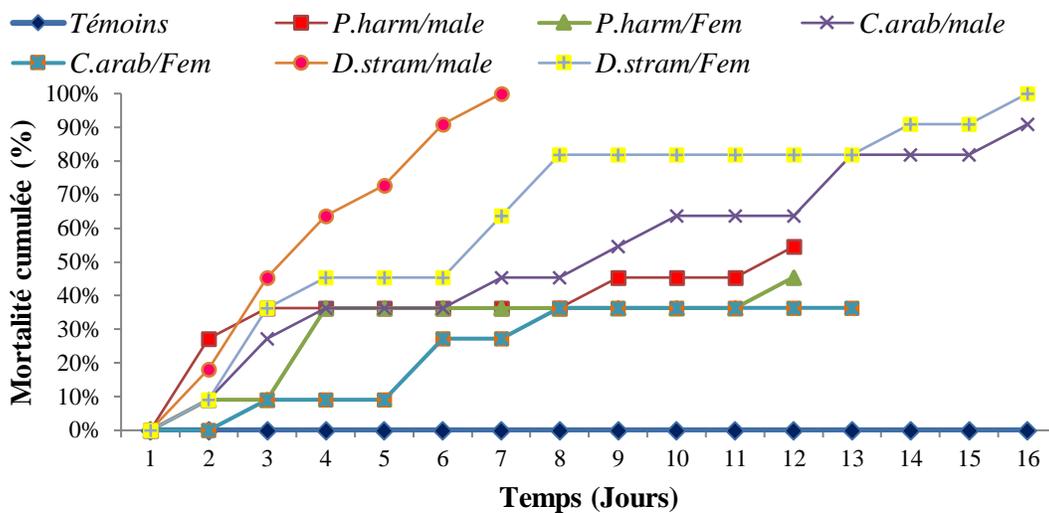


Figure 9.- Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les larves L₅ mâles femelles de *S.gregaria* témoins et traitées par les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*

De plus, des difficultés de mues ont été observées chez plusieurs larves L₅ de *S. gregaria* traitées par les deux huiles de graines de *P. harmala* et *C. arabica* qui se traduit par un blocage de phénomène d'exuviation (photos 5 (A, B, C), 6 (A, B, C)) où des anomalies morphologiques au niveau des ailes et les pattes chez les individus qui ont pu terminer leur mue imaginale (photos (7,8) (A, B, C)).



Photo 5.- Blocage de phénomène d'exuvie chez les larves L₅ de *S.gregaria* traitées avec l'huile de graines de *P.harmala*



Photo 6.- Blocage de phénomène d'exuvie chez les larves L₅ de *S.gregaria* traitées avec l'huile de graines de *C.arabica*



Photo 7.- Anomalies morphologiques observées chez les larves L₅ muer de *S.gregaria* traitées par l'huile de graines de *P. harmala*



Photo 8.-Anomalies morphologiques observées chez les larves L₅ muer de *S.gregaria* traitées par l’huile de graines de *C.arabica*

Dans la présente étude, la dose d’huile pure a injectée pour les imagos de *S. gregaria* par l’orifice buccale est de 120µl/individu. Les imagos de *S. gregaria* traitées par l’injection buccale forcée d’huile de graines de *P. harmala* ont montrés un taux de mortalité de 50% après 29 jours, avec un taux de mortalité de 45,45% pour les mâles au bout de 20 jours et de 54,54% pour les imagos femelles. De plus, on a observé chez les imagos de *S. gregaria* traitées par l’injection buccale forcée d’huile de graines de *C. arabica* un taux de mortalité de 45,45% au bout de 29 jours, avec une différence significative de taux de mortalité selon le sexe, 36,36% au bout de 15 jours chez les imagos mâles, et de 54,54% chez les imagos femelles. Par ailleurs, l’injection buccale forcée d’huile de graines de *D. stramonium* provoque chez les imagos de *S. gregaria* un taux de mortalité de 100% après 13 jours, le taux de mortalité de 100% des imagos femelles a été obtenu après 11 jours seulement du traitement (figure 10). Il semble que les imagos femelles sont plus sensibles à ces huiles végétales que les imagos mâles (figure 13). Cependant aucune mortalité n’a été enregistrée chez les imagos mâles et femelles de *S. gregaria* témoins. Par ailleurs, chez les imagos mâles de *S. gregaria*, l’huile de graines la plus toxique est celle de *D. stramonium*, suivie de l’huile de graines de *P. harmala* puis de celle de *C. arabica* (figure 11). Alors que les imagos femelles de *S. gregaria* sont plus sensibles à l’huile de graines de *D. stramonium* par apport aux huiles de graines de *P. harmala* et *C. arabica*. Des toxicités similaires sont obtenues par les deux huiles de graines de *P. harmala* et *C. arabica* vis-à-vis les imagos femelles de *S. gregaria* (figure 12).

Il est important de signaler que, l’injection buccale forcée d’une dose de 120 µl /individu des huiles pures de graines issues de trois plantes spontanées chez les imagos de *S. gregaria* génère des taux de mortalités similaires ou inférieurs (dans le cas d’huile de graines de *C. arabica*) que les larves L₅ de *S. gregaria* traitées par l’injection buccale forcée d’une dose de 60 µl /individu de ces mêmes huiles végétales (figure 14). Bien que les imagos de *S. gregaria* sont traitées par une dose plus élevés d’huile végétale et pour une durée d’expérimentation plus longue par rapport aux larves L₅ de *S. gregaria*, mais les taux de mortalités ont été similaire ou plus important chez les larves L₅ comparativement aux imagos. Ceci prouve que les larves L₅ sont plus sensibles que les imagos de *S. gregaria* à ces huiles végétales. Il est largement reconnu que la capacité d’un insecte à résister aux insecticides augmente à mesure que l’insecte se développe (Douaho et al., 1982 in Acheuk, 2000).

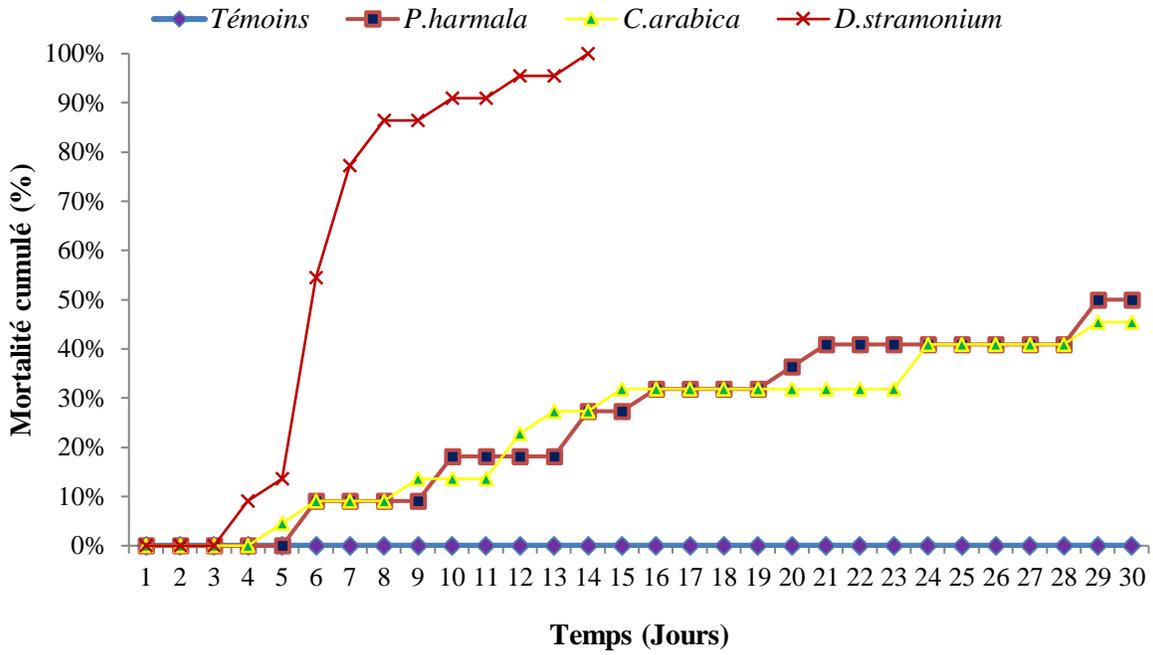


Figure 10.- Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les imagos de *S.gregaria* témoins et traitées par les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*

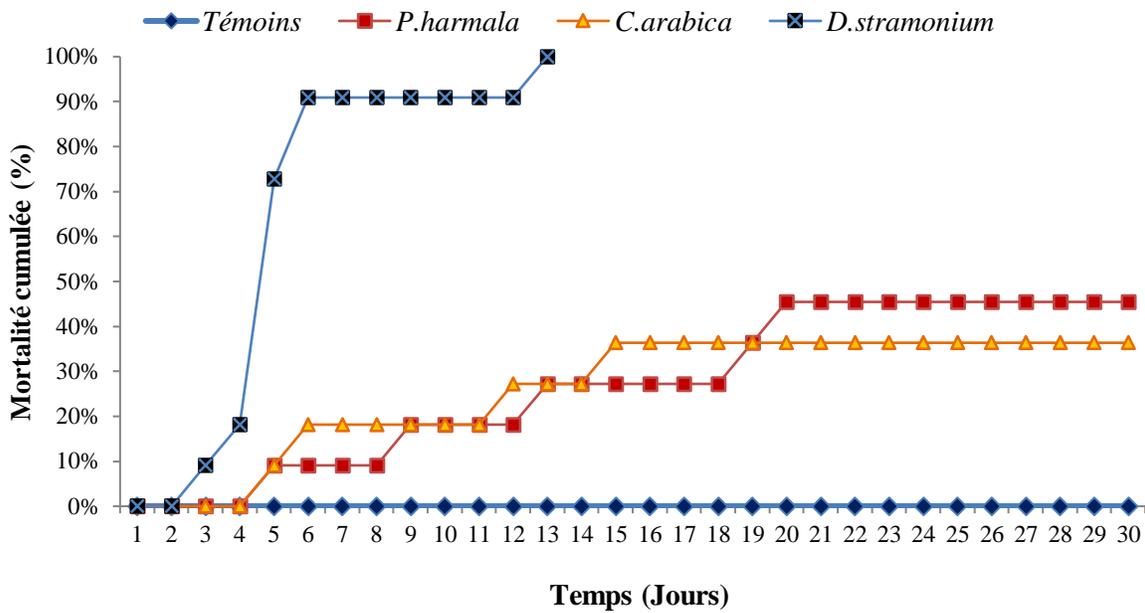


Figure 11.- Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les imagos mâles de *S.gregaria* témoins

et traitées par les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*

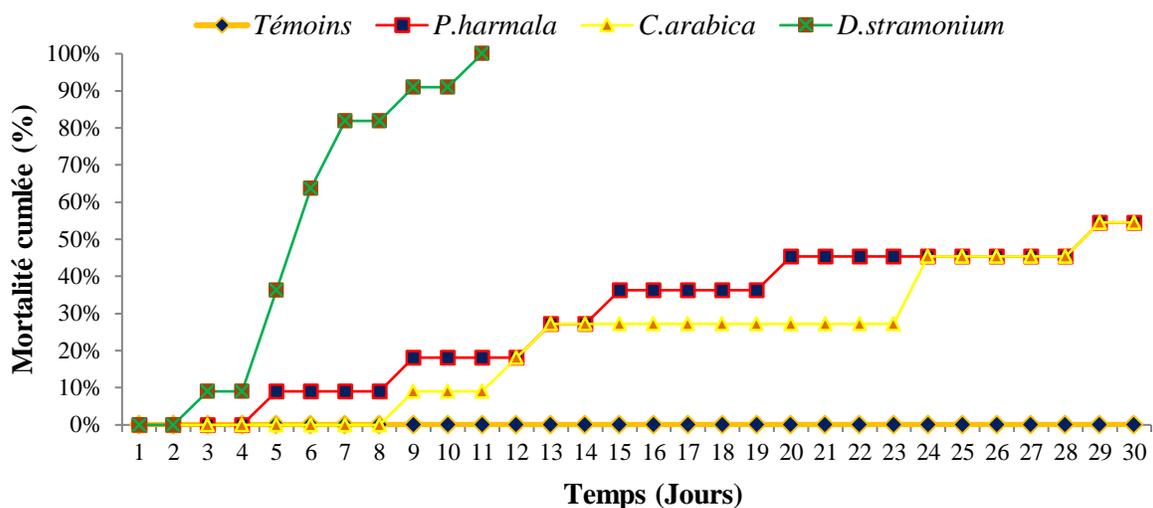


Figure 12.- Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les imagos femelles de *S.gregaria* témoins et traitées par les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*

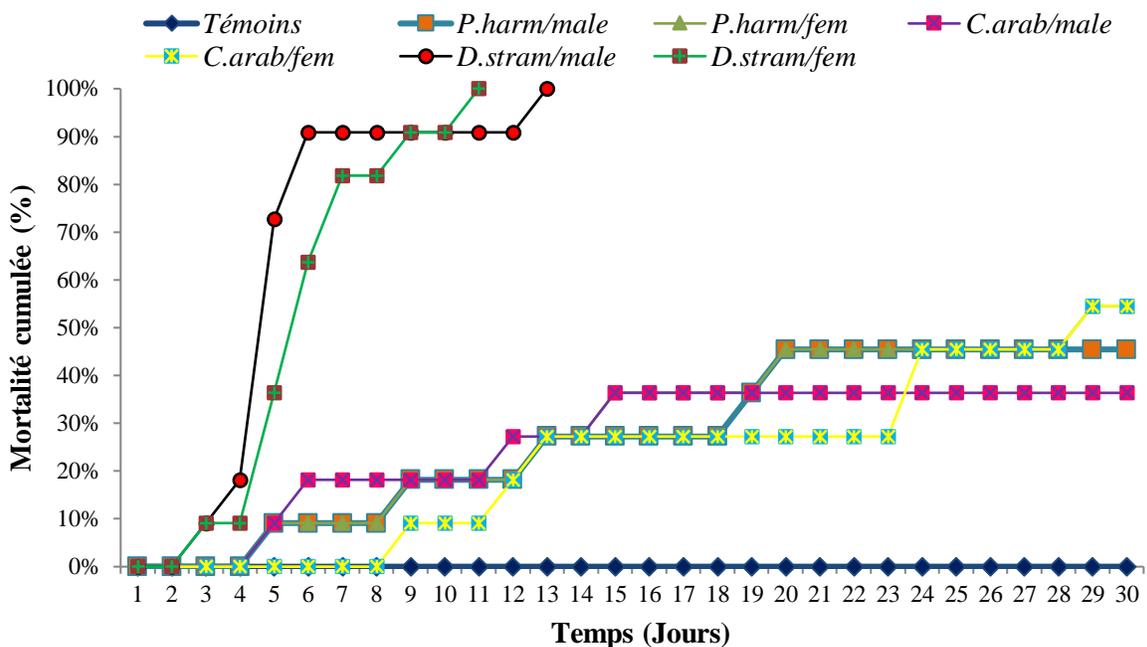


Figure 13.- Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les imagos mâles et femelles de *S.gregaria* témoins et traitées par les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*

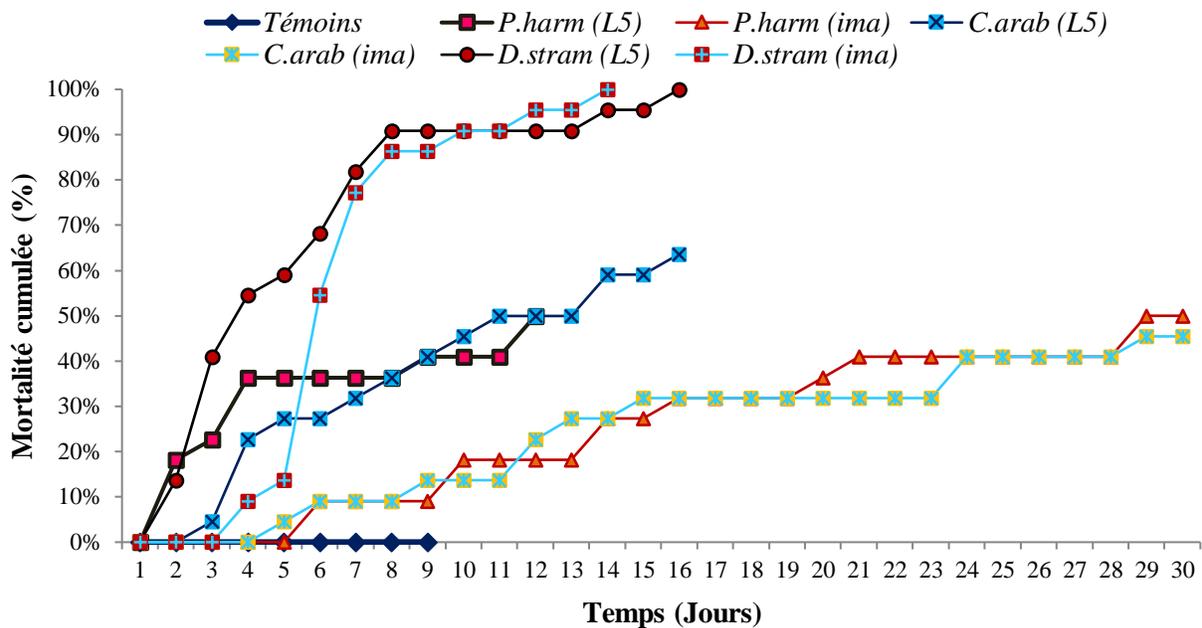


Figure 14.- Variation dans le temps du taux de mortalité observée chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* témoins et traitées par les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*

Il est à noter que certaines larves L₅ de *S. gregaria* traitées par ces huiles pures de graines de *C. arabica* et *D. stramonium* présentent un noircissement cuticulaire après leurs morts (photographie 9 (A, B)). Des résultats similaires sont obtenus chez les larves L₅ traitées par d'autres extraits végétaux. Kemassi et al., (2018) à signaler que les imagos de *S. gregaria* issus des larves L₅ nourries par des feuilles de chou traitées avec des extraits alcaloïdiques de *C. arabica* présentent un noircissement de la face ventrale après quelques heures de leurs morts. Des symptômes similaires ont été remarqués sur des individus de *S. gregaria* traités avec des extraits d'*Euphorbia guyoniana* et de *Citrullus colocynthis* (Kemassi, 2008). Ould el hadj et al. (2006), a mentionné que les larves L₅ de *S. gregaria* traitées par des extraits d'*Azadirachta indica* présentent un noircissement de la face ventrale au niveau de l'intestin moyen ou mésentéron. Ce noircissement cuticulaire observé chez l'insecte est peut-être la conséquence d'une réaction enzymatique provoquée par la toxine.

Les résultats de mortalité obtenus dans cette étude montrent que les trois huiles pures de graines de trois plantes acridifuges dont *P. harmala* et *C. arabica* et *D. stramonium* à faibles doses 60µl/ larve et 120µl/imago exercent un effet biocide sur les larves L₅ et imagos de *S. gregaria* (photo 10 (A, B, C, D, E, F), 11 (D, E, C, F, G, H)). Un insecte est dit sensible à un insecticide donné si une faible dose suffit à provoquer sa mort (Gry et al., 1966). On peut dire que les larves L₅ et imagos sont sensibles à ces huiles végétales.



A- Noircissement observée chez les larves de *S. gregaria* traitées par l'huile de graines de *C. arabica*



B- Noircissement de la face ventrale observée chez les larves L₅ de *S. gregaria* traitées par les huiles de graines de *D. stramonium*

Photo 9_(A, B)- Noircissement observées chez les larves L₅ de *S. gregaria* traitées par les huiles de graines de *C. arabica* et de *D. stramonium*



A- Cadavres des larves L₅ mâles de *S. gregaria* traitées avec l'huile de graines de *P. harmala*



B- Cadavres des larves L₅ femelles de *S. gregaria* traitées avec l'huile de graines de *P. harmala*



C- Cadavres des larves L₅ mâles de *S. gregaria* traitées avec l'huile de graines de *C. arabica*



D- Cadavres des larves L₅ femelles de *S. gregaria* traitées avec l'huile de graines de *C. narabica*



E- Cadavres des larves L₅ mâles de *S. gregaria* traitées avec l'huile de graines de *D.stramonium*



F- Cadavres des larves L₅ femelles de *S. gregaria* traitées avec l'huile de graines de *D.stramonium*

Photo 10 (A, B, C, D, E, F)-Cadavres des larves L₅ mâles et femelles de *Schistocerca gregaria* traitées par les huiles de graines de de trois plantes acridifuges dont *P.harmala*, *C.arabica* et *D.stramonium*



D- Cadavres des imagos mâles de *S. gregaria* traitées avec l'huile de graines de *P.harmala*



E- Cadavres des imagos femelles de *S. gregaria* traitées avec l'huile de graines de *P.harmala*



C-Cadavres des imagos mâles de *S. gregaria* traitées avec l'huile de graines de *C.arabica*



F- Cadavres des imagos femelles de *S. gregaria* traitées avec l'huile de graines de *C.arabica*



G- Cadavres des imagos mâles de *S. gregaria* traitées avec l'huile de graines de *D.stramonium*



H- Cadavres des imagos femelles de *S. gregaria* traitées avec l'huile de graines de *D.stramonium*

Photo 11 (D, E, C, F, G, H) - Cadavres des imagos mâles et femelles de *Schistocerca gregaria* traitées par les huiles de graines de de trois plantes acridifuges dont *P.harmala* et de *C.arabica* et de *D.stramonium*

Plusieurs études scientifiques ont établi un lien entre le potentiel biocide des extraits végétaux vis-à-vis les insectes à leurs contenances de substances ou métabolites secondaire.

D'après Lecoq (1988) les molécules bioactives contenues dans les plantes, caractérisées par leurs effets acridifuge, acricide et antiappétant, peuvent provoquer des altérations irréversibles chez l'insecte. De plus, des études antérieures ont démontré que des principes actifs végétaux spécifiques pouvaient être utilisés pour lutter contre les animaux ou les parasites (Philogene, 1991 ; Leclerc, 1999 ; Benhamou, 2009). Les alcaloïdes déjà connus par leur pouvoir toxique existent dans diverses plantes caractérisées par leur effet toxique (Breneton, 1996).

Regnault-Roger et *al.*, (2005) rapportent que les alcaloïdes exercent un effet toxique et paralysant sur les insectes. Les saponines sont aussi des substances toxiques (Thierry et *al.*, 2012). Les alcaloïdes indoliques, tels que l'harmine et l'harmaline présents dans les extraits de feuilles et de graines de *Peganum harmala*, ainsi que l'huociamine et la scopolamine isolées des extraits de graines de *Datura stramonium*, sont la principale cause des effets létaux de ces extraits vis-à-vis les insectes (Fuentes et Longo, 1970 ; Baran, 2000).

Plusieurs études ont démontré que les plantes spontanées *P. harmala* et *C. arabica* et *D. stramonium* contiennent des métabolites secondaires tels que des phénols, des terpènes ou des alcaloïdes et autres, dans leurs différentes parties végétatives, en particulier dans leurs graines (Idrissi Hassani et El Hadek., 1999, 2000 ; Mahmoudian et *al.*, 2002 ; Madi, 2018 ; Allouni, 2011 ; Ghedjati, 2014 et autres).

Idrissi Hassani et El Hadek., (1999) déclarent que l'huile de graines de *P. harmala* est très riche en alcaloïdes majeurs tels que : l'harmalol, et l'harmol il contient également des acides gras majeurs et des alcaloïdes β -carboline comme l'harmaline et l'harmine (Idrissi Hassani et El Hadek, 2000). Les fruits et les racines de la plante *P. harmala* sont très riches en alcaloïdes (Mahmoudian et *al.*, 2002). La plante *C. arabica* contient divers substances secondaires comme les stéroïdes,

flavonoïdes, triterpènes, anthraquinones, saponines, résines, tannins, glycosides, alcaloïdes (Madi, 2018).

Selon Allouni (2011) dans son étude, la plante *Datura stramonium* est toxique aussi bien pour l'homme que pour l'animal. En effet, il contient principalement les alcaloïdes atropine et scopolamine, qui ont un effet toxique et parasympholytique sur les insectes. L'extrait des alcaloïdes totaux de graines de *Datura stramonium* contient de l'atropine et scopolamine (Allouni, 2011 ; Ghedjati, 2014).

À la lumière de ces résultats, on peut conclure que le taux de mortalité observé chez les larves L₅ et imagos de *S. gregaria* traitées par les huiles lourdes de graines issus de trois plantes acridifuge (*P. harmala*, *C. arabica*, *D. stramonium*) est probablement causé par les effets toxiques des métabolites secondaires contenus dans ces huiles végétales.

Selon Suchail et al. (2003) L'insecte élimine les substances xénobiotiques introduites dans son organisme par transformation et modification de la structure de ces molécules afin de les rendre plus solubles et excrétables. Raccaud-Schoeller (1980) rapporte que les réactions chimiques provoquées par une substance introduite provoquent une hyperactivité qui peut être à l'origine de la baisse des glucides qui entraîne par conséquent la mort de l'insecte. D'après Berlin et al., (1994) les alcaloïdes indoliques provoquent de profondes perturbations physiologiques.

Sur le spectre de ces résultats, on peut déduire que les métabolites secondaires contenus dans les huiles de graines de *P. harmala* et *C. arabica* et *D. stramonium* peuvent provoquer des perturbations physiologiques chez les insectes traités qui peuvent être à l'origine de la mortalité observée chez les Larves L₅ et imagos de *S. gregaria* traitées.

Plusieurs études scientifiques ont démontré le pouvoir biocide des extraits végétaux des plantes spontanées notamment (*P. harmala*, *C. arabica*, *D. stramonium*) et d'autres vis-à-vis les larves L₅ et imagos de *Schistocerca gregaria* (kemassi, 2008 ; Kemassi et al. 2012, 2013, 2014, 2018, Idrissi Hassani et al., 2002 ; Abbassi et al., 2003 ; Abbassi et al., 2005 ; Lebbouz, 2010 ; Bouziane, 2012 ; Hadj Amar, 2012 ; Aissaoui, 2014).

Idrissi Hassani et al., (2002) signalent que, l'application d'huile extraite des graines de *P. harmala* sur les larves du 4ème stade de *S. gregaria* provoque un taux de mortalité de 55% pendant les 7 premiers jours avec la forte dose (3 ml), 25 % de mortalité avec la faible dose (2 ml) après dix jours d'expérience, Aucune mortalité cependant n'est signalée aussi bien chez les imagos traités avec 5 ml d'huile de *P. harmala*.

Aissaoui (2014) déclare que, l'étude munie sur la toxicité par contact et par ingestion de l'extrait éthanolique de graines de *P. harmala* vis-à-vis des larves L₅ de *S. gregaria* montre leurs sensibilités. Chez les larves L₅ traitées par contacte, les taux de mortalité rapporté sont de 100% au bout de 5 jours pour les dose D1= S (100% de la solution mère) et après 6 jours pour la dose D2=

S/2 (50% de la solution mère), et au 8ème jour pour la dose D3= S /4 (25% de la solution mère), De même, cet extrait appliqué par ingestion, il entraîne un taux de mortalité de 100% à 15 jours après l'administration de la dose D1=S (100% de la solution mère) et au bout de 16 jours pour la dose D2=S /2 (50% de la solution mère) et un taux de mortalité de 77,78% après 16 jours pour la dose D3= S/4 (25%) de la solution mère.

Abbassi et *al.*, (2003) mentionnent que, le taux de mortalité cumulée des larves nourries de laitue imbibée de l'extrait de graines de *P. harmala* est de 100% au bot de 16 jours, alors qu'il est seulement de 31.8% chez les témoins durant la même période. les individus de criquet pèlerin, traitées par l'extrait éthanoïque des feuilles de *Peganum harmala* en floraison ont enregistré un taux de mortalité de 75% au bout de 14 jours chez les larves et de 45% chez les adultes femelle après 16 jours de la vie imaginale (Abbassi et *al.*, 2005).

Parallèlement, aucune mortalité n'est notée pour les larves L₅ de *Schistocerca gregaria* nourris par des feuilles de *Brassica oleacera* traitées par l'extrait acétonique de *Peganum harmala*. Par contre, chez les imagos traitées par l'extrait acétonique de *Peganum harmala* le taux de mortalité obtenu est de 41,66% après 10 jours du traitement. Des taux de mortalité de l'ordre de 8,33% chez les larves L₅ et de 100% chez les imagos ont été enregistrés chez les individus de *S.gregaria* nourris aux feuilles de chou imprégnées par l'extrait alcaloïdique de *P. harmala* au bout de 3 jours et 16 jours respectivement (Bouziane, 2012).

Kemassi et *al.* (2013) à noter que les huiles essentielles brutes de *P. harmala*, un taux de mortalité de 100% est atteint au bout de 8 mn 30', chez les larves L₅ traitées. Il est de 12 mn 10' pour *C. arabica* et de 35 mn 11' pour *C. schoenanthus*. Une mortalité de 100% est atteinte chez les imagos traités au bout de 30 mn 18', 128 mn 40'et 63 mn 19', pour *P. harmala*, *C. arabica* et *C. schoenanthus* respectivement.

Selon Kemassi (2008) les individus de *Schistocerca gregaria* alimentés par des feuilles de *Brassica oleacera* traitées par des extraits de feuilles de *Peganum harmala*, de *Citrullus colocynthis* L. (Cucurbitacées) et de *Cleome arabica*, respectivement une mortalité de 16,66%, 33,33% et de 16,66% est atteinte à partir du 14e jour de traitement chez les larves L₅, pour les adultes, elle est de l'ordre de 16,66% pour *P. harmala*, 16,66% pour *C. colocynthis* et de 33,33% pour *C. arabica* respectivement au bout des 12e, 18e et 16e jours.

Lebbouz (2010) déclare que les larves L₅ et imagos de *S. gregaria* nourries aux feuilles de chou traitées par l'extrait foliaire brut de *C. arabica* ont enregistrés des taux de mortalité de 10% et 0% respectivement. Alors que les taux de mortalités observés chez les individus de *S.gregaria* traitées par la pulvérisation d'huile essentielles de *C.arabica* sont de 100% chez les larves L₅ au bout de 14 jours, et de 66,66% en 6 jours chez les imagos.

Kemassi (2018) rapporte que chez les individus nourris par des feuilles traitées de chou à l'extrait acétonique de *C. arabica*, un pourcentage de mortalité de 76,67% et 86,67% est noté chez les

larves mâles et femelles respectivement, et il est de 100% au niveau des lots des imagos mâles et femelles traités. Les larves L₅ alimentées par des feuilles traitées de chou à l'extrait alcaloïdique de *C. arabica*, un taux de mortalité de 70% est noté pour les mâles et 63,33% pour les femelles. Des mortalités de 90% et 100%, sont observées respectivement chez les imagos mâles et femelles nourris par des feuilles traitées de chou à l'extrait alcaloïdique de *C. arabica*. Les individus de *S. gregaria* nourris avec des feuilles de chou traitées avec l'extrait aqueux de *C. arabica*, ont enregistré un pourcentage de mortalité de l'ordre de 30,0% et 36,67% chez les larves L₅ mâles et les femelles respectivement. Alors que chez les imagos du Criquet pèlerin, le taux de mortalité cumulé enregistré est de 46,67% chez les imagos mâles et de 40,0% chez les imagos femelles (Kemassi, 2014).

Selon Kemassi et al. (2012), le taux de mortalité observé pour les larves L₅ de *S. gregaria* nourries de feuilles de chou traitées avec l'extrait foliaire brut de *C. arabica* est de 16,6 %. Alors qu'en revanche, il est de 33,33% chez les imagos traitées.

Selon Hadj Amar (2012) lorsque les larves L₅ de *S.gregaria* sont nourries avec des feuilles de choux traitées à l'extrait aqueux de *Cleome arabica*, leur taux de mortalité atteint 100 % ; néanmoins, aucune mortalité n'a jamais été observée chez les imagos. Les individus de *Schistocerca gregaria* nourris avec des feuilles de *Brassica oleracea* traitées avec l'extrait acétonique de *Cleome arabica* avaient un taux de mortalité de 20 % chez les imagos ; cependant, aucune mortalité n'a été signalée chez les larves L₅.

Vu le manque des études scientifiques sur l'effet létal de *Datura stramonium* sur les larves L₅ et imagos de *S. gregaria*, on a mentionnées d'autres plantes de même genre ou famille que *Datura stramonium* et qui ont un effet létal sur ce locuste.

Bouhas-Boubekka (2011) déclare que les taux de mortalité enregistré chez les larves L₅ traitées avec trois doses D₁ (5%), D₂ (10%), D₃ (20%) d'extraits aqueux de *Datura innoxia* Mill. (Solanaceae) sont respectivement de l'ordre de 30% et 46,67% au 5^{ème} et 50% aux 6^{ème} jours. Alors que, les larves L₅ de *S. gregaria* traitées avec trois doses D₁ (5%), D₂ (10%), D₃ (20%) d'extrait aqueux de neem ont obtenus des taux de mortalité de 0%, 16,67% et 26,67% respectivement au bout de 5 jours.

Selon Zouiten (2006) les taux de mortalité obtenus chez les larves L₅ de *S.gregaria* traitées avec divers extraits d'écorces des fruits de *Solanum sodomaeum* L. (Solanaceae) (plante de la même famille que *Datura stramonium*) notamment le méthanol, acétate d'éthyle, dichlorométhane, hexane sont respectivement de l'ordre de 50%, 50%, 37,5%, 0%.

L'activité biologique des plantes spontanées *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium* a été testée sur d'autres insectes phytophages.

Selon Benzara et al., (2013) les larves L₅ de *Locusta migratoria* (Linnaeus, 1758) (Orthoptera-

Acrididae) traitées par l'extrait aqueux de graines de *P. harmala* avec deux doses 0,12 g/ml et 0,24 g/ml ont enregistré des taux de mortalité de 60% et 80% respectivement au bout de 10 jours.

Bounechada et Arab (2011) ont mentionné que le mélange de 100g de semoule avec 30g de poudre des graines de *P. harmala* à obtenu un taux de mortalité de 100% chez les larves et les adultes de *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera-Tenebrionidae) après 15 jours et 20 jours respectivement du traitement.

Habbachi et al., (2019) ont déclaré que les larves L₂ de *Drosophila melanogaster* (Meigen, 1830) (Diptera- Drosophilidae) nourris par un aliment traité par 70 µg/ml des extraits aqueux de *C. arabica* montrent un taux de mortalité de 50% au bout de 15 jours.

Selon Herouini (2021) les imagos de *Tribolium castaneum* traitées avec de faibles doses d'huile de graines de *D. stramonium*, soit 0,25 mL/mL, 0,11 mL/mL et 0,05 mL/mL, donnent un taux de mortalité de 100 % après 48 heures d'exposition.

Plusieurs études sont menées pour démontrer l'activité biologique d'autres espèces végétales sur des larves L₅ et des images de *S. gregaria*.

Selon Wilps et Nasseh (1995) l'utilisation d'extraits de graines d'*Azadirachta indica* et de *Melia volkensii* (Meliaceae) a entraîné un taux de mortalité de 100% chez les larves L₅ et les imagos de *S.gregaria* après 12 jours de traitement.

Hamadi et al., (2021) ont mentionné que Les imagos de *S. gregaria* traitées par le forçage buccal d'une goutte de 0.1 ml d'huile essentielle d'*Origanum glandulosum* ont enregistré un taux de mortalité de 100% au bout de 2 jours.

Harizia et Doumandji., (2014) indiquent que la mortalité de 100% en 7 jours est obtenu chez larves L₅ de *S.gregaria* nourri avec du chou imbibé d'huile essentielle de *Nerium oleander* L.(Apocynaceae), cependant chez les larves L₅ témoins le taux de mortalité est de 10%.

Mesbahi (2011) à noter que lorsque les individus sont nourris avec des feuilles de choux traitées à l'extrait acétonique de *Pergularia tomentosa* L. (Asclepiadaceae), le taux de mortalité des larves L₅ est de 33,33 % après 9 jours, tandis que le taux de mortalité des imagos est de 75,3 % après 30 jours. Les taux de mortalité observés chez les larves L₅ et les imagos de *S. gregaria* nourries avec des feuilles de *Brassica oleracea* traitées avec des extraits aqueux de feuilles de *P. tomentosa* étaient respectivement de 8,33% après 14 jours et de 41,67% après 24 jours.

Selon Ould El Hadj et al., (2006) lorsque des individus sont traités avec un extrait d'*Azadirachta indica*, 100% de mortalité sont atteints après 10 jours pour les larves L₅ et 13 jours pour les imagos, cependant lorsque des individus sont traités avec un extrait de *Melia azedarach*, il faut 11 jours pour atteindre 100% de mortalité pour les larves L₅ et 14 jours pour les imagos. Néanmoins, les taux de mortalité retrouvés chez les individus traités avec l'extrait d'*Eucalyptus globulus* Labill.

(Myrtaceae) après 6 jours sont de 80% chez les larves L₅ et de 100% chez les imagos.

Ould Ahmedou et *al.*, (2001) déclarent que les larves L₄ de *S. gregaria* élevées et nourries avec un régime mono-spécifique soit *Glinus lotoides* ou *Citrilus colocynthis* ont respectivement enregistré des taux de mortalité de 100% après 10 jours, et de 10% après 15 jours.

D'autres travaux sont menés pour mettre en évidence le pouvoir biocide des microorganismes sur les larves L₅ et des imagos de *S. gregaria*.

Selon Haddadj et *al.*, (2014) l'application de la dose de $1,46 \times 10^7$ sp./ml de *B. bassiana* sur les larves L₅ de *S. gregaria* a provoqué un taux de mortalité de 100% après 6 jours.

Mohand Kaci (1998) note que l'application de la dose de $7,3 \times 10^8$ spores/ml de *Bacillus subtilis* sur les larves L₅ de *S. gregaria* a généré un taux de mortalité de 100% après 21 jours du traitement.

Tail (1998) mentionne que les larves L₅ de *S. gregaria* traitées par *Pseudomonas fluorescens* ont obtenus un taux de mortalité de 100% après 17 jours.

Les huiles lourdes de graines des trois plantes spontanées *P. harmala* et *C. arabica* et *D. stramonium* en plus de leurs effets létaux sur les larves L₅ et imagos de *S. gregaria*, ces huiles végétales exercent aussi des effets sub-létaux sur ce locuste, qui se manifestent par : retard de mue chez les larves L₅, déformation au niveau des ailes lors de la mue imaginale, potentielle reproductive chez les imagos, perte en eau sous forme de fesses liquéfiées, réduction de la capacité de percher sur un support, réduction de l'activité locomotrice et autres. L'huile de graines de *D. stramonium* provoque chez les larves L₅ et imagos de *S. gregaria* des effets sub-létaux plus sévères comparativement aux deux huiles de graines de *C. arabica* et *P. harmala*.

Kemassi et *al.*, (2018) ont noté les mêmes symptômes toxicologiques chez des individus de *S. gregaria* nourris avec des feuilles de chou traitées par des extraits foliaires acétoniques ou alcaloïdiques de *C. arabica*. Des signes d'intoxication similaires sont observés chez les individus de Criquet pèlerin nourris sur des feuilles de laitue traitées par l'extrait éthanolique de feuilles de *Peganum harmala* (stade de fructification ou végétatif) (Abbassi, 2003).

Il parut que ces huiles végétales provoquent chez les larves L₅ de *S. gregaria* une action tardive sur la mue et des déformations au niveau des ailes et les pattes lors de la mue imaginale. Les larves L₅ mâles et femelles de *S. gregaria* traitées par l'huile de graines de *P. harmala* survivantes ont pu achever leurs mues imaginale au bout de $9 \pm 0,8$ jours et de $9 \pm 0,83$ jours respectivement, avec un pourcentage de 36,36% des individus qui ont des malformations au niveau des ailes et les pattes (photo 8_(A, B, C)). Tandis que les larves L₅ mâles et femelles de *S. gregaria* traitées par l'huile de graines de *C. arabica* survivantes présentent un retard de mues de 12 ± 1 jours et de $12 \pm 0,2$ jours respectivement. 25% des individus traitées par l'huile de graines de *C. arabica* et survivantes ont pu achever leur mue imaginale avec des déformations au niveau des ailes et les pattes (photo 9_(A, B, C)).

Par ailleurs aucunes des larves L₅ mâles et femelles de *S.gregaria* traitées par l'huile de graines de *D. stramonium* ont pu achever leur mue imaginale après 16 jours du traitement, cela prouve que l'huile de graines de *D. stramonium* bloc le phénomène d'exuvie chez l'insecte. Cependant les larves L₅ mâles et femelles de *S. gregaria* témoins ont pu achever leurs mues imaginale au bout de 8±0,7 jours et 8±0,4 jours respectivement.

D'autres études, ont démontré l'impact de certains extraits végétaux sur la prolongation de la durée de mue ou même le blocage de phénomènes d'exuvie (Belhadi, 2005 ; Ould El Hadj et al., 2006 ; Abdelaoui et al., 2006 ; Bouhas-Boubekka, 2011 ; kemassi, 2014 ; Bouziane et al., 2018). De plus, d'autres recherches ont montré que quelques imagos issus de larves L₅ de *S.gregaria* traitées par divers extraits végétaux présentent une déformation au niveau des ailes et les pattes (Rembold, 1997 ; Djeddar, 2007).

Plusieurs études ont montré que les extraits des végétaux des deux plantes spontanées *P.harmala* et *C.arabica* ainsi que *Datura innoxia* (plante du même genre que *Datura stramonium*) ont un effet retardateur sur le cinquième stade de développement des larves de *S. gregaria* (Belhadi, 2005 ; Ould El Hadj et al., 2006 ; Bouhas-Boubekka, 2011, Kemassi , 2014 ; Bouziane et al., 2018).

Bouziane et al., (2018) ont mentionné que les larves L₅ de *S. gregaria* nourries de feuilles de chou traitées avec l'extrait d'acétone de *Peganum harmala* montrent une prolongation de la vie larvaire elles ont pu terminer leur mue imaginale en 10± 1 jour.

Kemassi (2014) a noté que les individus de *S. gregaria* nourris par des feuilles de chou traitées avec l'extrait aqueux de *C. arabica* montrent une durée du 5^{ème} stade larvaire de 11±0,7 jours chez les larves L₅ mâles et de 12±1,2 jours chez les larves L₅ femelles.

D'après Bouhas-Boubekka (2011) les larves L₅ de *S.gregaria* traitées par la solution de la poudre de feuilles du *Datura innoxia* a trois doses différentes D₁ (5%), D₂ (10%) et D₃ (20%) ont effectué leurs mues imaginale au bout de 10,8 jours, 10,31 jours et 12,4 jours respectivement. Tandis que, chez les larves L₅ traitées avec la solution de la poudre de feuilles d'*Azadirachta indica* avec la dose de D₁ (5%) ont terminé leurs développement de 5^{ème} stade larvaires après 9 jours. et au 10,7 ème jour pour les doses D₂ (10%) et D₃ (20%).

Selon Belhadi (2005) les larves L₅ de *S. gregaria* traitées avec l'extrait de feuilles de *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae) sont mortes avant le début du processus de mue. En revanche, les larves traitées avec des extraits de feuilles de *Nerium oleander* montrent une très longue vie larvaire et un blocage du phénomène des exuvies.

Selon Ould El Hadj et al., (2006), (20%) des larves L₅ de *S. gregaria* survivantes et traitées avec l'extrait d'*Eucalytus globulus* présentent un retard de mue d'où elles effectuent leur mue imaginale après 12 jours. Abdellaoui et al., (2006) rapportent que l'acide gibbérellique engendre une action tardive sur le développement de dernier stade larvaire de *Locusta migratoria migratoria*. D'après

Rembold (1997), (80%) des larves et les imagos de *S.gregaria* traitées par la dose de 10g/ha⁻¹ de *Melia volkensii* présentent des malformations. Djezzar (2007) a déclaré que les imagos de *S.gregaria* issus d'oothèques traitées par le *Metarhizium anisopliae* montrent des malformations au niveau des élytres et les ailes. D'après Gerardie (1991) l'hormone prothoracotrope (PTTH) est produite par le cerveau à travers ses cellules neurosécrétoires médianes (CNS-M) et latérales (CNS-L), et elle stimule la libération d'ecdysone par les PTG, l'ecdysone est responsable à la fois de la synthèse de la nouvelle cuticule et de la crise mitotique des cellules épidermiques qui se traduit par l'apolyse (décollement cuticulaire). La mue nécessite la chute des ecdystéroïdes circulants entre les deux étapes. L'injection d'ecdysone à ce moment inhibe la réabsorption des fluides exuvial, ce qui retarde ou même bloc la mue. Les régulateurs de croissance influencent la sécrétion d'ecdystéroïdes et d'autres hormones régulant la synthèse de la chitine (Bakr et *al.*, 2009).

À la lumière de ce constat, on peut dire que les perturbations physiologiques qui se manifestent par le développement larvaire prolongé et le blocage de mue imaginale observés chez les larves L₅ de *S. gregaria* traitées par les huiles lourdes de graines de trois plantes spontanées *P.harmala* et *C. arabica* et *D. stramonium* sont probablement dues par l'action de ces huiles végétales sur l'ecdysone qui est responsable du phénomène d'exuvie chez l'insecte. Il est apparu que l'huile de graines de *D. stramonium* provoque des perturbations physiologiques très sévères à partir desquelles aucunes larves L₅ traitées avec cette huile végétale n'ont pu achever leurs mues imaginale (blocage de phénomène d'exuvie), ceci induit que probablement l'huile de graines de *D. stramonium* a un impact très important sur la production d'ecdysone chez ce criquet.

Les larves L₅ et imagos de *S. gregaria* traitées par les huiles de graines de *P. harmala* et *C. arabica* et *D. stramonium* présentent juste après l'injection buccale forcée de ces huiles végétales un déséquilibre et une incapacité de sauter ou se percher sur un support. Par ailleurs chez les larves L₅ et imagos traitées par l'huile de graines de *D. stramonium*, les troubles de locomotion sont très accentués et durable, elle arrive parfois jusqu'à l'arrêt de l'insecte. La locomotion de quelques larves L₅ et imagos de *S. gregaria* traitées par ces huiles végétales s'améliore après 24 heures du traitement, mais reste inférieure à l'activité locomotrice observée chez les larves L₅ et imagos de *S. gregaria* témoins.

Selon Tail et Doumandji (2005) l'injection de l'extrait protéique hydrosoluble de laurier rose chez les criquets a un effet paralysant et létal. D'après Ngamo et Hance (2007) les huiles essentielles provoquent des effets physiologiques et autres physiques. Siramon et *al.* (2009) rapportent que certaines huiles essentielles sont connues pour leurs effets neurotoxiques, quel que soit le mode d'administration (oral, topique, respiratoire et épidermique). Selon Rattan (2010) la majorité des huiles essentielles aromatiques végétales, y compris les monoterpènes et d'autres composés naturels, ont un effet inhibiteur sur la production d'acétylcholinestérase chez divers insectes. Aniszewski (2007) annonce que les alcaloïdes peuvent entraîner des effets neurotoxiques en inhibant l'enzyme acétylcholinestérase. Selon Nabors (2008) les alcaloïdes caractérisés par leurs effets répulsifs sur les insectes phytophages, affectent le système nerveux et la division cellulaire.

Fuentes et Longo, 1970 ; El Bahri et Chemli, 1991 ; Grella et *al.*, (1998) signalent que les alcaloïdes indoliques (harmine et harmaline) présents dans l'extrait de feuilles de *Peganum harmala* sont reconnus pour leurs propriétés neurotoxiques. Regnault-Roger et *al.* (2005) notent que les métabolites secondaires tels que les alcaloïdes, les phénols, en particulier les tanins et les flavonoïdes, en plus de leur effet létal, ont une action inhibitrice sur la locomotion des insectes. Chiasson et Beloin (2007) mentionnent que les neurotransmetteurs chez les invertébrés, comme l'octopamine, qui a un effet régulateur sur le rythme cardiaque, la motricité, la respiration et le métabolisme des invertébrés, peuvent être affectés par des effets physiologiques.

A la lumière de ce constat, on peut dire que les perturbations neurologique notamment de la locomotion observées chez les larves L₅ et imagos de *S. gregaria* traitées avec les huiles de graines de *P. harmala* et *C. arabica* et *D. stramonium* sont probablement dues à l'effet des métabolites secondaires contenus dans ces huiles végétales qui agit sur la production de acétylcholinestérase ou/et sur les neurotransmetteurs comme l'octopamine.

Il est à noter que, les huiles lourdes de graines de *D. stramonium* et *C. arabica* et *P. harmala* provoquent chez les larves L₅ et imagos de *S. gregaria* juste après leurs traitements des perturbations digestives qui se traduisent par une perte en eau sous forme de diarrhée (fesses liquéfiées). Les fesses liquéfiées observées chez les larves L₅ et imagos de *S. gregaria* traitées par l'huile de graines de *D. stramonium* persistent plus longtemps et sont plus sévères par rapport aux fesses observées en réponse à l'huile de graines de *P. harmala* et de *C. arabica*. Cependant, on observe aucune diarrhée ou signes d'intoxications chez les larves L₅ et imagos témoins.

Proux et *al.* (1993) et Alaoui (1994) indiquent que la deltaméthrine agit sur le système neuroendocrinien chez *locusta migratoria* et qui provoque par conséquent des troubles dans le maintien de l'équilibre hydrique chez l'insecte.

Selon Moréteau (1991) les insectes exposés à des insecticides organohalogènes présentent des perturbations au niveau du système nerveux qui se traduit par un déséquilibre du mécanisme de la régulation hydrique.

Abbassi et *al.*, (2005) note que l'extrait des feuilles de *P. harmala* engendre chez les imagos femelles de *S.gregaria* des perte importante en eau, se manifestant par des fèces humides.

Sur la base de ces résultats, on peut déduire que la perte d'eau sous forme de fèces liquéfiées observé chez les larves L₅ et imagos de *S. gregaria* traitées par les huiles lourdes de graines de *P. harmala*, *C. arabica* et *D. stramonium* est probablement causée par des substances contenus dans ces huiles végétales qui affectant le système nerveux, qui contrôle le processus de régulation de la balance hydrique et par conséquent sur la réabsorption de l'eau par le rectum chez cette espèce.

II.2.1.2. Étude de temps léthal 50 (TL₅₀) des huiles végétales lourdes

L'évaluation du temps léthal 50 (TL₅₀) permet de vérifier la rapidité d'action des huiles lourdes étudiées. Pour évaluer le temps léthal 50 des huiles de graines de *Peganum harmala* et *Datura stramonium* et *Cleome arabica* vis-à-vis les larves L₅ et les imagos (mâles et femelles) de *Schistocerca gregaria*, les droites de régressions des probits du taux de mortalités corrigées en fonction des logarithmes des durés de traitement sont dressées (figures 15_(A, B, C, D, E, F), 16_(A, B, C, D, E, F)). Les pourcentages de mortalités et les probits correspondants sont regroupés dans les tableaux 3,4.

À partir des TL₅₀ calculés en réalisant des droites de régressions des probits du taux de mortalités corrigées en fonction des logarithmes des durés de traitement. Il semble que l'huile de graines de *D. stramonium* est plus toxique vu sa rapidité d'action létale sur les larves L₅ et imagos (mâles et femelles) de *S. gregaria* comparativement aux deux huiles de graines de *P. harmala* et *C. arabica*. Malgré que les larves L₅ de *S. gregaria* sont traitées par une dose (60µl/individu) d'huile pure végétale plus faible par rapport à la dose (120µl /individu) des imagos, mais les valeurs de TL₅₀ calculées chez les larves L₅ sont plus faibles ou approximativement similaires (cas des larves L₅ femelles et imagos de *S.gregaria* traitées par l'huile de graines de *D. stramonium*) comparativement aux valeurs enregistrées chez les imagos de *S. gregaria*, cela induit que l'action létale de ces huiles végétales est plus rapide chez les larves L₅ que les imagos de *S.gregaria*, et par conséquent on peut dire que les larves L₅ sont plus sensibles à ces huiles végétales comparativement aux imagos de *S.gregaria* (figures 15_(A, B, C, D, E, F), 16_(A, B, C, D, E, F)).

Les larves L₅ mâles de *S. gregaria* traitées par les huiles lourdes de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium* ont enregistrés des TL₅₀ inférieurs à ceux des larves L₅ femelles traitées par les mêmes huiles végétales. De même, les imagos mâles de *S.gregaria* traitées par les deux huiles de graines de *C. arabica* et *D. stramonium* présentent des valeurs de TL₅₀ inférieures que les imagos femelles. En générale, on peut dire que les mâles des larves L₅ et imagos de *S. gregaria* sont plus vulnérables à ces huiles végétales comparativement aux femelles. À l'exception des imagos femelles de *S.gregaria* traitées par l'huile de graines de *P. harmala* qui ont enregistrés un TL₅₀ inférieur à celui des imagos mâles.

Les valeurs de TL₅₀ obtenues varient selon l'huile végétale (composition organique) injectée, le sexe, et le stade de développement de l'insecte (larve L₅ ou imago), et la dose de traitement. Chez les larves L₅ de *S. gregaria*, les TL₅₀ les plus courts sont enregistrés chez les larves L₅ traitées avec l'huile de graines de *D. stramonium*, il est de 3,54 jours chez les larves L₅ mâles et de 5,97 jours chez les larves L₅ femelles, suivies par les larves L₅ mâles traitées par l'huile de graines de *C. arabica* avec 7,6 jours, puis celui des larves L₅ mâles traitées avec l'huile de graines de *P. harmala* avec 8,47, ensuite celle des larves L₅ femelles traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C. arabica* avec 9,5 jours et 11,09 jours respectivement. Par ailleurs, les TL₅₀ les plus courts enregistrés chez les imagos de *S. gregaria*, sont les TL₅₀ des imagos traitées par l'huile de graines

de *Datura stramonium*, avec 5,62 jours chez les mâles et 5,74 jours chez les femelles, ensuite celui des imagos femelles et mâles traitées par l'huile de graines de *P. harmala* avec 22,52 jours et 23,48 jours respectivement. Les TL₅₀ les plus élevées sont enregistrées chez les imagos traitées par l'huile de graines de *C. arabica*, avec 24,54 jours chez les imagos mâles, et enfin celui des imagos femelles avec 27,23 jours. Les TL₅₀ chez les larves L₅ et imagos de *S. gregaria* témoins sont pas calculés, à la raison qu'aucune mortalités n'a été enregistrés chez les lots témoins.

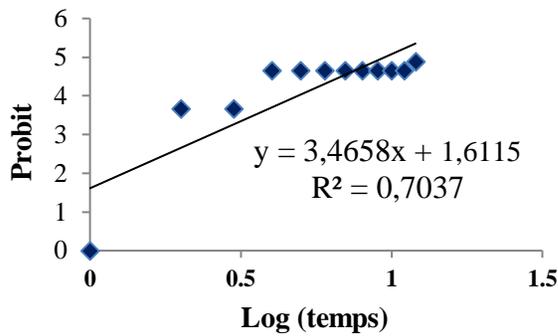
Tableau 3.- Mortalités corrigée et probits correspondants enregistrés chez les larves L₅ mâles et femelles de *S.gregaria* traités par les huiles de graines de *Peganum harmala* et *Cleome arabica* et *Datura stramonium* en fonction du temps

Temps (Jours)	Log (Temps)	<i>P.harmala</i>				<i>C.arabica</i>				<i>D.stramonium</i>			
		M.C. (%) (Larves L ₅)		Probits (Larves L ₅)		M.C. (%) (Larves L ₅)		Probits (Larves L ₅)		M.C. (%) (Larves L ₅)		Probits (Larves L ₅)	
		mâle	femelle	mâle	femelle	mâle	femelle	mâle	femelle	mâle	femelle	mâle	femelle
1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,301	27,27	9,09	4,395	3,664	9,09	0,00	3,664	0,00	18,18	9,09	4,092	3,664
3	0,477	36,36	9,09	4,651	3,664	27,27	9,09	4,395	3,664	45,45	36,36	4,886	4,651
4	0,602	36,36	36,36	4,651	4,651	36,36	9,09	4,651	3,664	63,64	45,45	5,348	4,886
5	0,699	36,36	36,36	4,651	4,651	36,36	9,09	4,651	3,664	72,73	45,45	5,605	4,886
6	0,778	36,36	36,36	4,651	4,651	36,36	27,27	4,651	4,395	90,91	45,45	6,335	4,886
7	0,845	36,36	36,36	4,651	4,651	45,45	27,27	4,886	4,395	100	63,64	7,614	5,348
8	0,903	36,36	36,36	4,651	4,651	45,45	36,36	4,886	4,651	-	81,82	-	5,907
9	0,954	45,45	36,36	4,886	4,651	54,54	36,36	5,114	4,651	-	81,82	-	5,907
10	1	45,45	36,36	4,886	4,651	63,64	36,36	5,348	4,651	-	81,82	-	5,907
11	1,041	45,45	36,36	4,886	4,651	63,64	36,36	5,348	4,651	-	81,82	-	5,907
12	1,079	54,54	45,45	5,114	4,886	63,64	36,36	5,348	4,651	-	81,82	-	5,907
13	1,114	-	-	-	-	81,82	36,36	5,907	4,651	-	81,82	-	5,907
14	1,146	-	-	-	-	81,82	-	5,907	-	-	90,91	-	6,335
15	1,176	-	-	-	-	81,82	-	5,907	-	-	90,91	-	6,335
16	1,204	-	-	-	-	90,91	-	6,335	-	-	100	-	7,614

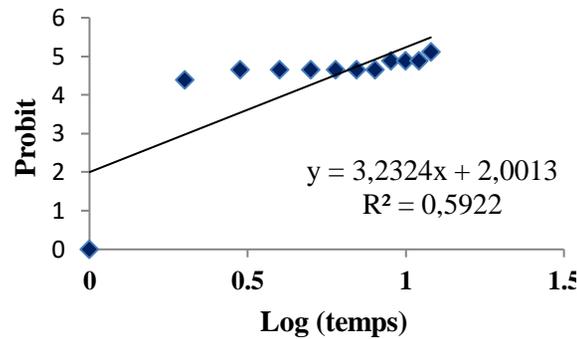
Tableau 4.- Mortalités corrigée et probits correspondants enregistrés chez les imagos mâles et femelles de *S.gregaria* traités par les huiles de graines de *Peganum harmala* et *Cleome arabica* et *Datura stramonium* en fonction du temps

Temps (Jours)	Log (Temps)	<i>P.harmala</i>				<i>C.arabica</i>				<i>D.stramonium</i>			
		M.C. (%) (imagos)		Probits (imagos)		M.C. (%) (imagos)		Probits (imagos)		M.C. (%) (imagos)		Probits (imagos)	
		mâle	femelle	mâle	femelle	mâle	femelle	mâle	femelle	mâle	femelle	mâle	femelle
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,301	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,477	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,09	9,09	3,664	3,664
4	0,602	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,18	9,09	4,092	3,664
5	0,699	9,09	9,09	3,664	3,664	9,09	0,00	3,664	0,00	72,73	36,36	5,605	4,651
6	0,778	9,09	9,09	3,664	3,664	18,18	0,00	4,092	0,00	90,91	63,64	6,335	5,348
7	0,845	9,09	9,09	3,664	3,664	18,18	0,00	4,092	0,00	90,91	81,82	6,335	5,907
8	0,903	9,09	9,09	3,664	3,664	18,18	0,00	4,092	0,00	90,91	81,82	6,335	5,907
9	0,954	18,18	18,18	4,092	4,092	18,18	9,09	4,092	3,664	90,91	90,91	6,335	6,335
10	1	18,18	18,18	4,092	4,092	18,18	9,09	4,092	3,664	90,91	90,91	6,335	6,335
11	1,041	18,18	18,18	4,092	4,092	18,18	9,09	4,092	3,664	90,91	100	6,335	7,614
12	1,079	18,18	18,18	4,092	4,092	27,27	18,18	4,395	4,092	90,91	-	6,335	-
13	1,114	27,27	27,27	4,395	4,395	27,27	27,27	4,395	4,395	100	-	7,614	-
14	1,146	27,27	27,27	4,395	4,395	27,27	27,27	4,395	4,395	-	-	-	-
15	1,176	27,27	36,36	4,395	4,651	36,36	27,27	4,651	4,395	-	-	-	-
16	1,204	27,27	36,36	4,395	4,651	36,36	27,27	4,651	4,395	-	-	-	-
17	1,230	27,27	36,36	4,395	4,651	36,36	27,27	4,651	4,395	-	-	-	-
18	1,255	27,27	36,36	4,395	4,651	36,36	27,27	4,651	4,395	-	-	-	-
19	1,279	36,36	36,36	4,651	4,651	36,36	27,27	4,651	4,395	-	-	-	-
20	1,301	45,45	45,45	4,886	4,886	36,36	27,27	4,651	4,395	-	-	-	-

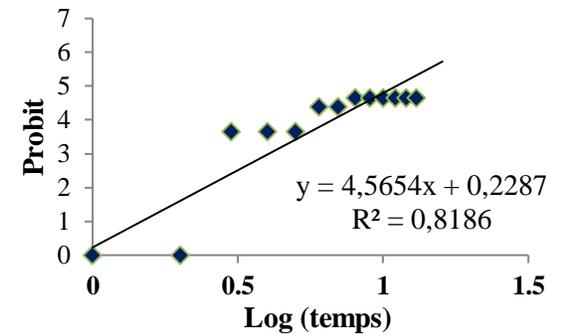
21	1,322	45,45	45,45	4,886	4,886	36,36	27,27	4,651	4,395	-	-	-	-
22	1,342	45,45	45,45	4,886	4,886	36,36	27,27	4,651	4,395	-	-	-	-
23	1,362	45,45	45,45	4,886	4,886	36,36	27,27	4,651	4,395	-	-	-	-
24	1,380	45,45	45,45	4,886	4,886	36,36	45,45	4,651	4,886	-	-	-	-
25	1,398	45,45	45,45	4,886	4,886	36,36	45,45	4,651	4,886	-	-	-	-
26	1,415	45,45	45,45	4,886	4,886	36,36	45,45	4,651	4,886	-	-	-	-
27	1,431	45,45	45,45	4,886	4,886	36,36	45,45	4,651	4,886	-	-	-	-
28	1,447	45,45	45,45	4,886	4,886	36,36	45,45	4,651	4,886	-	-	-	-
29	1,462	45,45	54,54	4,886	5,114	36,36	54,54	4,651	5,114	-	-	-	-
30	1,477	45,45	54,54	4,886	5,114	36,36	54,54	4,651	5,114	-	-	-	-



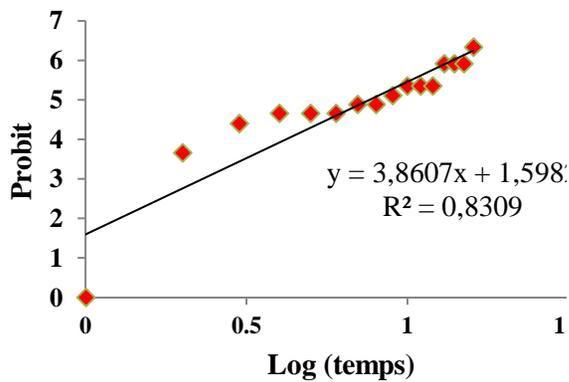
A- Variation dans le temps du taux de mortalité enregistré chez les larves L₅ femelles de *S. gregaria* traitées par l'huile de graines de *P. harmala*



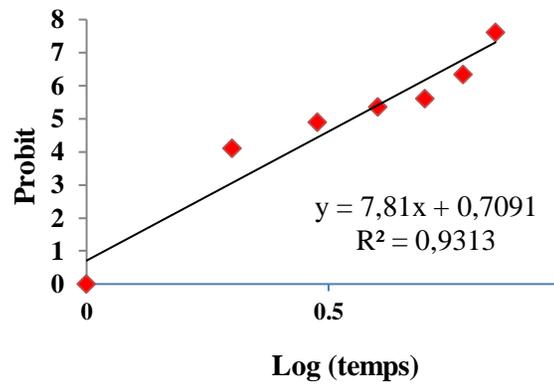
B- Variation dans le temps du taux de mortalité enregistré chez les larves L₅ mâles de *S. gregaria* traitées par l'huile de graines de *P. harmala*



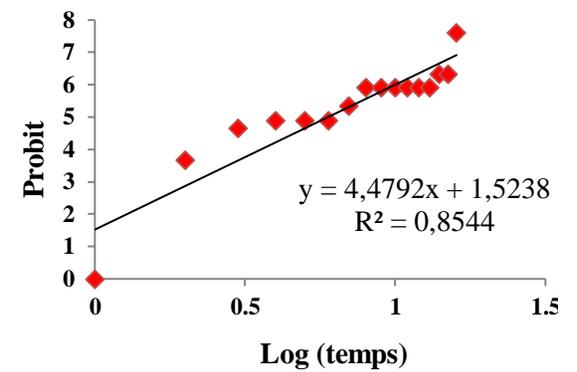
C- Variation dans le temps du taux de mortalité enregistré chez les larves L₅ femelles de *S. gregaria* traitées par l'huile de graines de *C. arabica*



D- Variation dans le temps du taux de mortalité enregistré chez les larves L₅ mâles de *S. gregaria* traitées par l'huile de graines de *C. arabica*

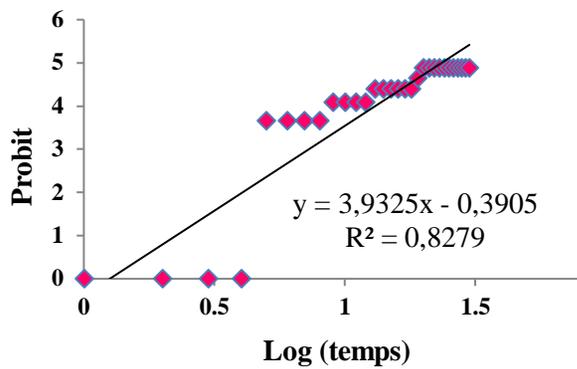


E- Variation dans le temps du taux de mortalité enregistré chez les larves L₅ mâles de *S. gregaria* traitées par l'huile de graines de *D. stramonium*



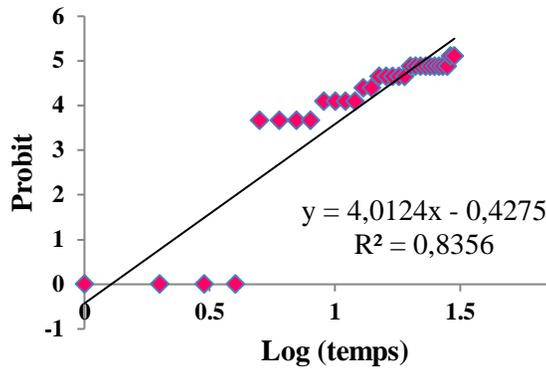
F- Variation dans le temps du taux de mortalité enregistré chez les larves L₅ femelles de *S. gregaria* traitées par l'huile de graines de *D. stramonium*

Figure 15(A, B, C, D, E, F)-Droites de régressions de taux de mortalité enregistrés chez les larves L₅ mâles et femelles de *S. gregaria* traitées avec les huiles de graines de *P. harmala* et *C. arabica* et *D. stramonium* en fonction du temps

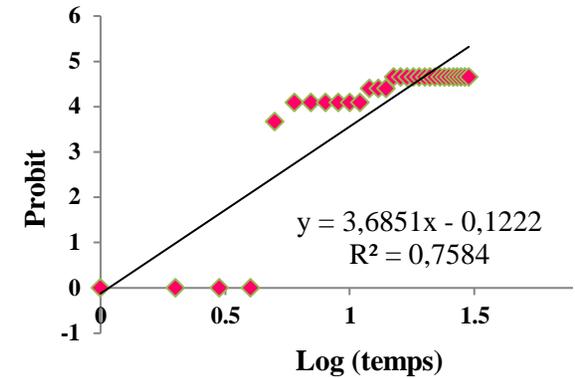


A-

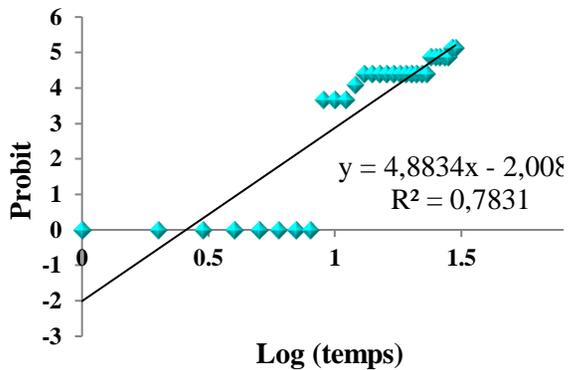
B- Variation dans le temps du taux de mortalité enregistré chez les imagos mâles de *S. gregaria* traitées par l'huile de graines de *P. harmala*



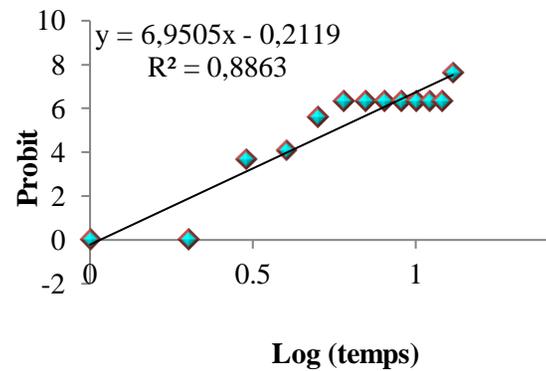
B-Variation dans le temps du taux de mortalité enregistré chez les imagos femelles de *S. gregaria* traitées par l'huile de graines de *P. harmala*



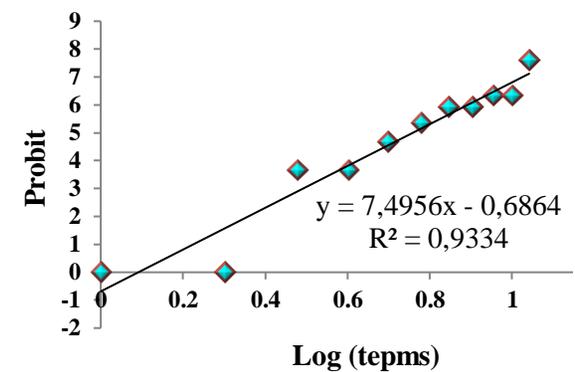
C- Variation dans le temps du taux de mortalité enregistré chez les imagos mâles de *S. gregaria* traitées par l'huile de graines de *C.arabica*



D- Variation dans le temps du taux de mortalité enregistré chez les imagos femelles de *S. gregaria* traitées par l'huile de graines de *C.arabica*



E- Variation dans le temps du taux de mortalité enregistré chez les imagos mâles de *S. gregaria* traitées par l'huile de graines de *D.stramonium*



F- Variation dans le temps du taux de mortalité enregistré chez les imagos femelles de *S. gregaria* traitées par l'huile de graines de *D.stramonium*

Figure 16 (A, B, C, D, E, F).- Droites de régressions de taux de mortalité enregistrés chez les imagos mâles et femelles de *S.gregaria* traitées avec les huiles de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium* en fonction du temps

Selon Kemassi (2013) les individus de *S.gregaria* traitées par les huiles essentielles brutes foliaires de *P.harmala* et *C.arabica* et *C. schoenanthus* ont enregistré respectivement des TL₅₀ de l'ordre de 6 mn 12', 9 mn 17', 28 mn 36' chez les larves L₅ et de l'ordre de 19 mn 21', 41 mn 50', et 48 mn 54' chez les imagos. Lebbouz (2010) a signalé que les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* traitées par pulvérisation des huiles essentielles de *C. arabica* ont enregistré des TL₅₀ de l'ordre de 13,74 jours et de 6,69 jours respectivement. Kemassi et al. (2018) notent que chez les larves L₅ mâles et femelles de *S.gregaria* traitées par les extraits acétonique et alcaloïdique de *C.arabica*, les TL₅₀ les plus courts sont obtenues chez les larves L₅ traitées par l'extrait acétonique, avec 6,58 jours chez les mâles et 8,31 chez les femelles, suivies par les larves L₅ mâles et femelles traitées par l'extrait alcaloïdique avec 8,77 jours et 11,19 jours respectivement. Cependant, chez les imagos traitées par les mêmes extraits, les TL₅₀ le plus courts sont enregistrés chez les imagos traitées par l'extrait acétonique avec 8,92 chez les mâles et de 9,11 chez les femelles, suivies par celui des imagos femelles et mâles traitées par l'extrait alcaloïdique avec 13,42 jours et 17,58 jours respectivement. D'après Bouziane et al., (2018) les valeurs estimées de TL₅₀ chez les larves L₅ de *S. gregaria* nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait alcaloïdique de *P. harmala* est de l'ordre de 27,61 jours, par contre aucune mortalité n'est observé chez les larves L₅ nourris avec des feuilles de chou traitées à l'extrait bruts acétonique de la même plante. Les TL₅₀ enregistrés chez les imagos de *S. gregaria* nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait alcaloïdique et l'extrait bruts acétonique de *P. harmala* sont respectivement de 12,39 jours et 21,09 jours.

Selon Bouziane (2012) les TL₅₀ obtenues chez les larves L₅ de *S.gregaria* nourries par des feuilles de chou traitées par trois extraits d'*E. guyoniana* sont de 4,74 jours pour l'extrait acétonique, puis de 9,14 jours pour l'extrait alcaloïdique, et finalement de 16,14 jours pour l'extrait aqueux. Alors que le TL₅₀ est de 16,14 jours chez les larves L₅ nourris avec des feuilles de chou traitées par l'extrait alcaloïdique de *P. harmala*, aucune mortalité n'est observée pour les extraits acétonique et aqueux de la même plante. Les TL₅₀ selon l'ordre croissant enregistrés chez les imagos de *S. gregaria* nourris avec des feuilles de chou traitées avec différents extraits végétaux sont comme suivantes : 7,40 jours (pour l'extrait aqueux de *P. harmala*), 9,81 jours (pour l'extrait acétonique d'*E. guyoniana*), 10,09 jours (pour l'extrait alcaloïdique d'*E. guyoniana*), 12,39 jours (pour l'extrait alcaloïdique de *P. harmala*), 14,36 jours (pour l'extrait aqueux d'*E. guyoniana*), 21,09 jours (de l'extrait acétonique de *P. harmala*).

D'après Kemassi (2012) les individus de *S.gregaria* nourris par des feuilles de chou traitées par l'extrait acétonique brut foliaire de *C. arabica* ont enregistré des TL₅₀ de 24,80 jours chez les larves L₅ et de 45,86 jours chez les imagos. Aissaoui (2014) note que Les TL₅₀ enregistrées chez les larves traitées par les extraits éthanoliques de *P. harmala* sont de 2 jours pour le mode de contact et de 3 jours pour l'ingestion. Tandis que, les TL₅₀ obtenues chez les larves traitées par les extraits de *N. oleander* pour les deux modes d'application (contact et ingestion) sont respectivement de 2 jours et 16 jours. Ould El Hadj et al. (2006) mentionnent que les TL₅₀ obtenues chez les larves L₅ traitées

par les extraits de *Azadirachta indica* et le *Melia azedarach* et enfin l'*Eucalyptus globulus* sont respectivement de 7,5 jours, 8,2 jours, 10,4 jours. De même, chez les imagos le TL₅₀ le plus court est de l'extrait *Azadirachta indica* (8,1 jours), puis de *Melia azedarach* (8,3 jours), et enfin celui de l'*Eucalyptus globulus* (9,6 jours). Halouane (1997) déclare qu e les larves L₅ de *S.gregaria* traitées par la dose de 1,3x10³ spores/ml de *Metarhizium anisopliae* présentent un TL₅₀ de 4,85 jours.

II.2.2. Effet des huiles végétales lourdes sur la prise de la nourriture

Les variations quantités moyennes journalières exprimées en grammes ingérées par les larves L₅ et les imagos mâles et femelles de *Schistocerca gregaria* témoins et traitées par les huiles lourdes de graines de trois plantes acridifuges dont *P .harmala*, *C. arabica*, *D. stramonium* sont regroupées dans les tableaux 5,6.

Tableau 5.-Variation dans le temps de la consommation moyenne des feuilles de choux enregistrée chez les larves L₅ de *Schistocerca gregaria* témoin et traitées par les huiles de graines de *Peganum harmala* et *Cleome arabica* et *Datura stramonium*

Temps (Jours)	Lots expérimentaux (consommation en gramme chez les larves L ₅)							
	Témoin		<i>P. harmala</i>		<i>C. arabica</i>		<i>D. stramonium</i>	
	mâle	femelle	mâle	femelle	mâle	femelle	mâle	femelle
1	1,61±0,46	2,29±0,90	0,42±0,75	0,95±0,71	0,59±0,38	0,66±0,54	0,35±0,37	0,49±0,48
2	1,88±0,26	2,60±0,71	0,32±0,58	1,20±0,99	0,80±0,84	1,21±1,03	0,33±0,53	0,53±0,60
3	2,49±0,67	2,86±1,13	0,57±0,68	1,67±1,04	1,08±0,50	1,47±0,67	0,18±0,33	0,76±0,53
4	2,38±0,69	3,03±0,73	0,51±0,50	1,55±1,08	0,69±0,43	1,44±0,60	0,19±0,20	0,70±0,64
5	1,33±0,62	2,01±1,10	0,56±0,56	1,86±0,59	0,49±0,37	1,11±0,63	0,00±0,00	0,43±0,64
6	0,32±0,35	0,81±0,9	0,31±0,43	0,97±0,53	0,41±0,42	0,99±0,47	0,00±0,00	0,37±0,52
7	0,09±0,22	0,25±0,36	0,08±0,09	0,34±0,69	0,33±0,27	0,95±0,57	0,00±0,00	0,45±0,47
8	0,83±0,71	0,74±0,80	0,02±0,03	0,33±0,44	0,37±0,45	0,70±0,37	-	0,35±0,27
9	0,71±0,51	1,57±0,65	0,03±0,08	0,38±0,39	0,15±0,13	0,38±0,34	-	0,31±0,13
10	imagos	imagos	0,002±0,0	0,70±0,99	0,04±0,05	0,10±0,25	-	0,22±0,22
11	imagos	imagos	0,00±0,00	1,26±1,14	0,00±0,00	0,11±0,26	-	0,10±0,10
12	imagos	imagos	0,00±0,00	1,31±1,31	0,00±0,00	0,00±0,00	-	0,00±0,00
13	imagos	imagos	imagos	imagos	0,00±0,00	0,00±0,00	-	0,00±0,00
14	imagos	imagos	imagos	imagos	0,00±0,00	imagos	-	0,00±0,00
15	imagos	imagos	imagos	imagos	0,00±0,00	imagos	-	0,00±0,00
16	imagos	imagos	imagos	imagos	0,00±0,00	imagos	-	0,00±0,00

17	imagos	imagos	imagos	imagos	imagos	imagos	-	-
----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---	---

Tableau 6.- Variation dans le temps de la consommation moyenne des feuilles de choux enregistrée chez les imagos de *Schistocerca gregaria* témoin et traitées par les huiles de graines de *Peganum harmala* et *Cleome arabica* et *Datura stramonium*

Temps (Jours)	Lots expérimentaux (consommation en gramme chez les imagos)							
	Témoin		<i>P.harmala</i>		<i>C.arabica</i>		<i>D.stramonium</i>	
	mâle	femelle	mâle	femelle	mâle	femelle	mâle	femelle
1	2,13±1,01	2,87±0,69	0,81±0,36	0,64±0,47	0,42±0,30	0,43±0,43	0,93±0,47	1,22±0,77
2	2,47±0,69	3,00±0,54	0,89±0,45	0,88±0,65	0,80±0,97	0,91±0,56	0,43±0,36	1,11±0,60
3	2,49±0,94	3,29±0,56	1,00±0,45	1,30±0,57	0,57±0,36	1,12±0,54	0,64±1,19	1,07±0,62
4	2,86±0,60	3,12±0,65	0,61±0,40	1,34±0,75	0,79±0,56	0,96±0,63	0,21±0,37	0,48±0,58
5	2,87±0,55	3,43±0,48	0,79±0,28	1,27±0,90	0,84±0,37	0,92±0,81	0,31±0,44	0,37±0,48
6	2,94±0,64	3,39±0,58	0,98±0,32	2,10±0,95	0,86±0,32	1,31±0,77	1,04±0,00	0,48±0,52
7	3,20±0,64	3,53±0,47	1,33±0,42	2,18±0,59	1,11±0,62	1,16±0,78	0,90±0,00	0,90±0,90
8	3,02±0,55	3,47±0,36	1,40±0,69	2,07±0,95	1,21±0,70	1,35±1,03	0,90±0,00	0,00±0,00
9	3,07±0,64	3,50±0,60	1,57±0,81	2,71±0,68	0,94±0,49	1,64±0,82	0,00±0,00	0,00±0,00
10	3,16±0,64	3,61±0,24	1,35±0,62	2,27±0,92	1,13±0,82	1,41±0,86	0,00±0,00	0,00±0,00
11	3,02±0,74	3,41±0,58	0,95±0,61	2,27±0,97	1,15±0,71	1,16±0,88	0,00±0,00	0,00±0,00
12	3,03±0,70	3,29±0,67	1,10±0,59	1,68±1,31	1,14±0,76	1,64±0,97	0,00±0,00	-
13	2,74±0,74	3,32±1,02	1,15±0,37	2,15±1,22	0,72±0,37	1,41±0,56	0,00±0,00	-
14	2,75±0,71	3,44±0,84	1,02±0,72	2,24±1,56	0,98±0,70	1,36±0,59	-	-
15	2,96±0,66	3,41±0,81	1,10±0,55	2,05±1,40	0,66±0,48	1,74±0,46	-	-
16	1,62±0,80	3,43±0,73	0,97±0,43	2,08±1,14	0,72±0,46	1,11±0,50	-	-

17	1,67±0,90	3,39±0,67	1,11±0,68	2,18±1,13	0,75±0,38	0,68±0,39	-	-
18	2,00±0,88	3,30±0,80	1,33±0,70	2,07±1,18	0,57±0,46	0,76±0,42	-	-
19	1,70±0,97	3,29±0,72	0,84±0,55	2,01±1,52	0,42±0,37	0,59±0,55	-	-
20	1,68±0,94	2,84±1,01	0,55±0,14	1,90±0,97	0,60±0,44	0,55±0,28	-	-
21	1,15±0,66	2,74±1,28	0,77±0,30	1,97±0,93	0,45±0,46	0,40±0,19	-	-
22	1,39±0,66	2,26±1,11	0,76±0,27	1,52±0,52	0,52±0,16	0,70±0,62	-	-
23	1,39±0,55	1,72±1,04	0,66±0,48	1,78±0,66	0,46±0,21	0,38±0,33	-	-
24	1,30±0,51	2,03±0,97	1,16±0,45	1,77±1,04	0,55±0,31	0,58±0,32	-	-
25	1,50±0,61	2,00±0,97	1,33±1,16	1,15±0,90	0,59±0,29	0,68±0,33	-	-
26	1,43±0,51	1,93±0,80	0,68±0,38	1,33±1,16	0,31±0,06	0,56±0,30	-	-
27	1,18±0,60	1,98±0,96	0,91±0,36	1,17±1,12	0,43±0,17	0,54±0,35	-	-
28	1,16±0,68	2,30±1,32	0,89±0,42	1,12±0,68	0,47±0,31	0,51±0,40	-	-
29	1,20±0,53	2,07±0,75	0,59±0,21	1,40±0,96	0,29±0,20	0,29±0,26	-	-
30	1,49±0,81	1,63±0,78	0,93±0,48	1,38±1,31	0,61±0,38	0,67±0,16	-	-

D'après les résultats, on peut dire que la consommation de nourriture dans les lots traitées aux huiles végétales est moins importante comparativement aux lots témoins. De plus, on note une variation de consommation dans les lots traités en fonctions des huiles végétales. L'huile de graines de *D. stramonium* semble affecte d'avantage la prise de nourriture chez les larves L₅ de *S. gregaria* et les imagos que les huiles de graines de *P. harmala* et de *C. arabica* (figures 17, 21).

Chez les larves L₅ de *S. gregaria*, la moyenne de consommation journalière en feuilles fraîches de choux enregistrée pour les larves L₅ témoins est de 1,55±0,87 g/jour. Cette consommation moyenne diffère selon le sexe, elle est de 1,29±0,81 g/jour chez les mâles et de 1,8±0,95 g/jour chez les femelles. La consommation moyenne journalière chez les larves L₅ traitées par l'huile de graines de *P. harmala* est de 0,67±0,36 g/jour avec une différence significative entre les mâles et femelles qui rapportent une consommation moyenne de 0,24±0,22 g/jour et de 1,03±0,49 g/jour respectivement. Par ailleurs, les larves L₅ traitées par l'huile de graines de *C. arabica* ont enregistré une consommation moyenne journalière de 0,46±0,44 g/jour, les mâles présentent une consommation moyenne de 0,31±0,25 g/jour alors que les femelles leurs consommation moyenne est de 0,70±0,27 g/jour. En outre, les larves L₅ traitées avec l'huile de graines de *D. stramonium* ont enregistré une consommation journalière moyenne de 0,28±0,18 g/jour, une différence de consommation moyenne selon le sexe est rapportée, elle est de 0,18±0,14 g/jour pour les mâles et de 0,34±0,24 g/jour pour les femelles (figures 17, 18, 19, 20). La (figure 17), montre pour les résultats des moyennes de la consommation journalière chez les larves L₅ de *S. gregaria* que, le groupe A contient les individus témoins et le groupe B contient les individus de *P. harmala* et *C. arabica* et *D. stramonium*, cela signifié que la moyenne de consommation des larves L₅ témoins, qui étant de 1,55±0,87 g/jour, étant bien supérieur aux moyennes de consommation obtenues chez les larves L₅ traitées avec les huiles de graines de *P. harmala* et *C. arabica* et *D. stramonium* qui sont respectivement de 0,67±0,36 g/jour et de 0,46±0,44 g/jour et de de 0,28±0,18 g/jour.

Chez les imagos de *S. gregaria*, la moyenne de consommation journalière en feuilles fraîches de choux enregistrés chez les imagos de *S. gregaria* témoins est de 2,53±0,65 g/jour, elle est de 2,15±0,74 g/jour chez les mâles et de 2,90±0,64 g/jour pour les femelles. Les imagos traitées par l'huile de graines de *P. harmala* ont enregistrés une moyenne de consommation de 1,34±0,33 g/jour, avec une différence de moyenne de consommation selon le sexe, elle est de 0,98±0,26 g/jour pour les mâles et de 1,73±0,48 g/jour pour les femelles. Par ailleurs, une consommation moyenne de 0,81±0,32 g/jour est observée chez les imagos traitées à l'huile de graines de *C. arabica*, elle diffère selon le sexe, elle est de 0,70±0,26 g/jour chez les mâles et de 0,92±0,41 g/jour chez les femelles. En outre, les imagos de *S.gregaria* traitées avec l'huile de graines de *D. stramonium* présentent une consommation moyenne de 0,49±0,35 g/jour, les mâles et les femelles traitées par l'huile de graines de *D. stramonium* présentent une consommation moyenne de 0,41±0,40 g/jour et de 0,51±0,47 g/jour respectivement (figures 21, 22, 23, 24). La (figure 21) ressort pour les résultats des moyennes de consommation journalière des imagos de *S.gregaria*,

que le groupe A contient les individus témoins et le groupe B contient les individus traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et le groupe C regroupe les individus traitées avec les deux huiles de graines de *C.arabica* et *D. stramonium*. Ces résultats indiquent d'une part que la moyenne de consommation des imagos témoins de $2,53\pm 0,65$ g/jour est nettement supérieur aux moyennes de consommation enregistrées chez les imagos traitées par les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium* qui sont respectivement de $1,34\pm 0,33$ g/jour et de $0,81\pm 0,32$ g/jour et de $0,49\pm 0,35$ g/jour, et d'une autre part que la moyenne de consommation obtenue chez les imagos traitées par l'huile de graines de *P.harmala* ($1,34\pm 0,33$ g/jour) est bien supérieur aux moyennes de consommation obtenues chez les imagos traitées avec les deux huiles de graines de *C.arabica* ($0,81\pm 0,32$ g/jour) et *D.stramonium* ($0,49\pm 0,35$ g/jour).

Au vu des résultats, on peut dire que les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* traitées par les différentes huiles végétales lourdes ont une consommation moyenne inférieure par rapport aux larves L₅ et imagos témoins, cela signifie que ces huiles végétales affectent la prise alimentaire chez l'insecte. Les effets dissuasifs de ces huiles végétales sur ce criquet varié en fonction d'huile végétale injectée, l'huile de graines de *D.stramonium* affectant le plus la prise de nourriture chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* suivie d'huile de graines de *C.arabica*, puis l'huile de graines de *P.harmala* (figures 17, 21). Il est apparu que les mâles (larves L₅ et imagos) de *S.gregaria* sont plus sensibles aux effets dissuasifs de ces huiles végétales que les femelles (figures 20, 24). En outre, l'huile de graines de *D.stramonium* affecte la prise de nourriture chez les larves L₅ mâles et femelles plus que les deux huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* (figures 18, 19). En plus, l'huile de graines de *P.harmala* affecte d'avantage la consommation de nourriture chez les larves L₅ mâles plus que l'huile de graines de *C.arabica* (figure 18). Néanmoins, chez les larves L₅ femelles, la prise de nourriture était plus affectée par l'huile de graines de *C.arabica* que par l'huile de graines de *P.harmala* (figure 19). D'autre part, chez les imagos mâles et femelles de *S.gregaria*, la prise de nourriture est affectée plus avec l'huile de graines de *D.stramonium* suivie de l'huile de graines de *C.arabica* et ensuite celui de *P.harmala* (figures 22, 23).

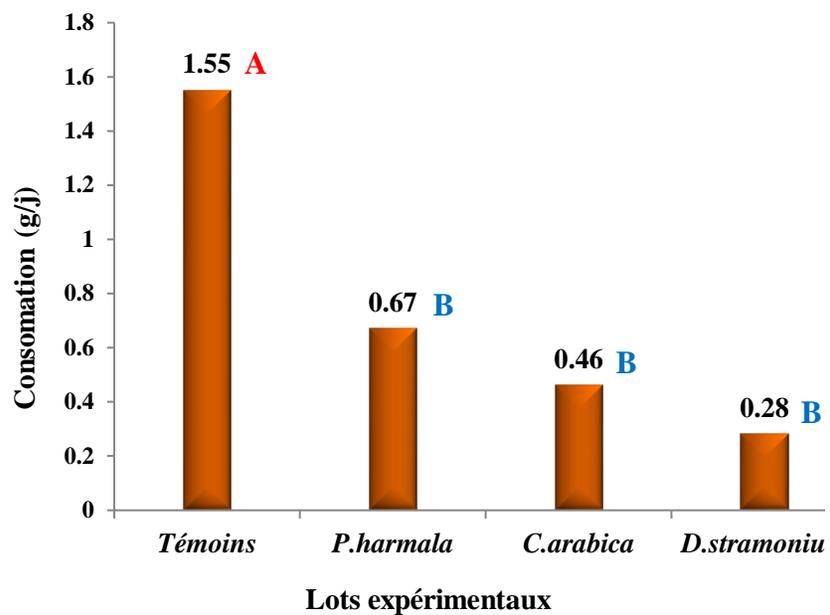


Figure 17.- Consommations journalières moyennes des larves L₅ de *S. gregaria* témoins et traitées avec les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*

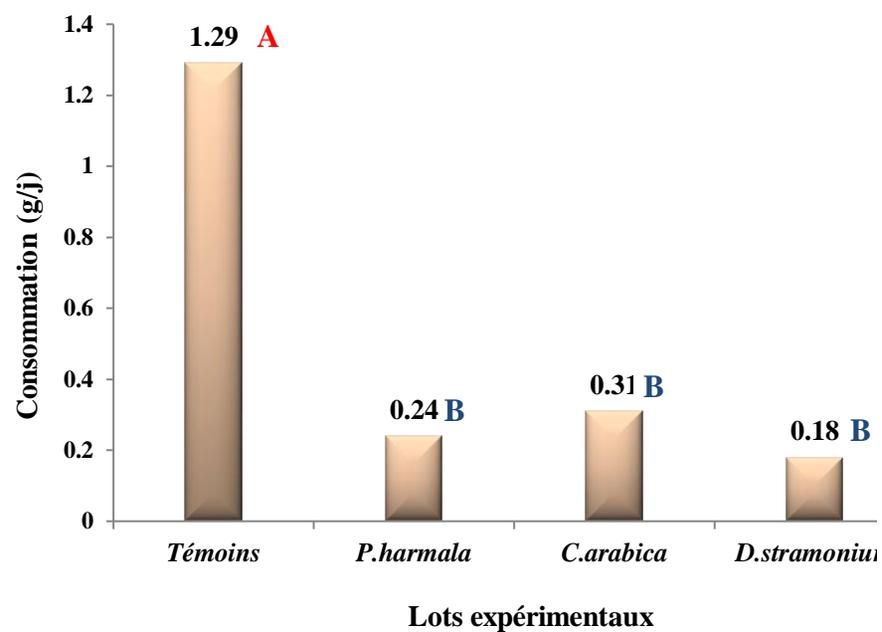


Figure 18.- Consommations journalières moyennes des larves L₅ mâles de *S. gregaria* témoins et traitées avec les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*

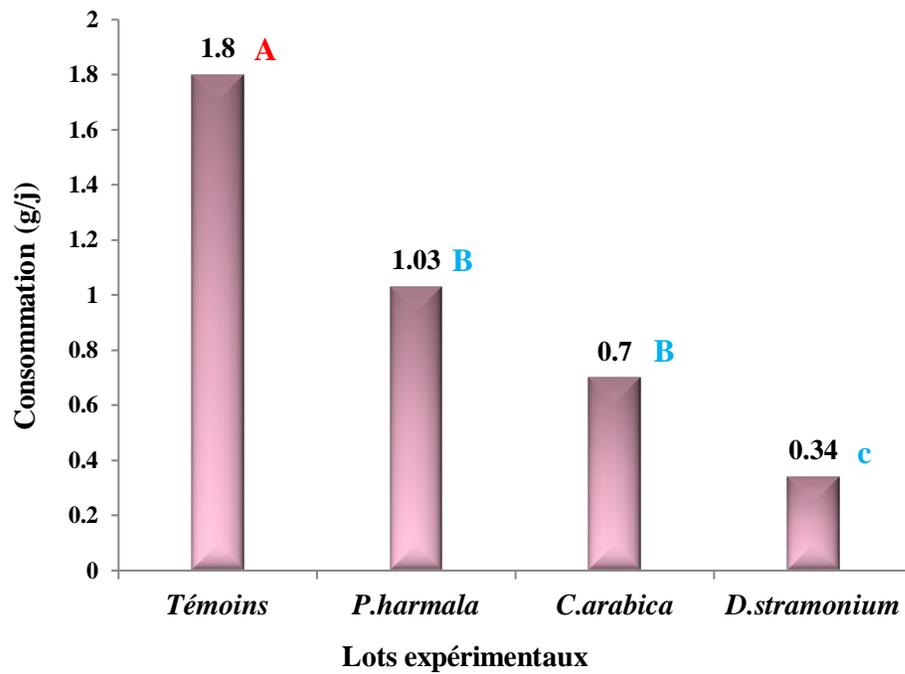


Figure 19.- Consommations journalières moyennes des larves L₅ femelles de *S. gregaria* témoins et traitées avec les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*

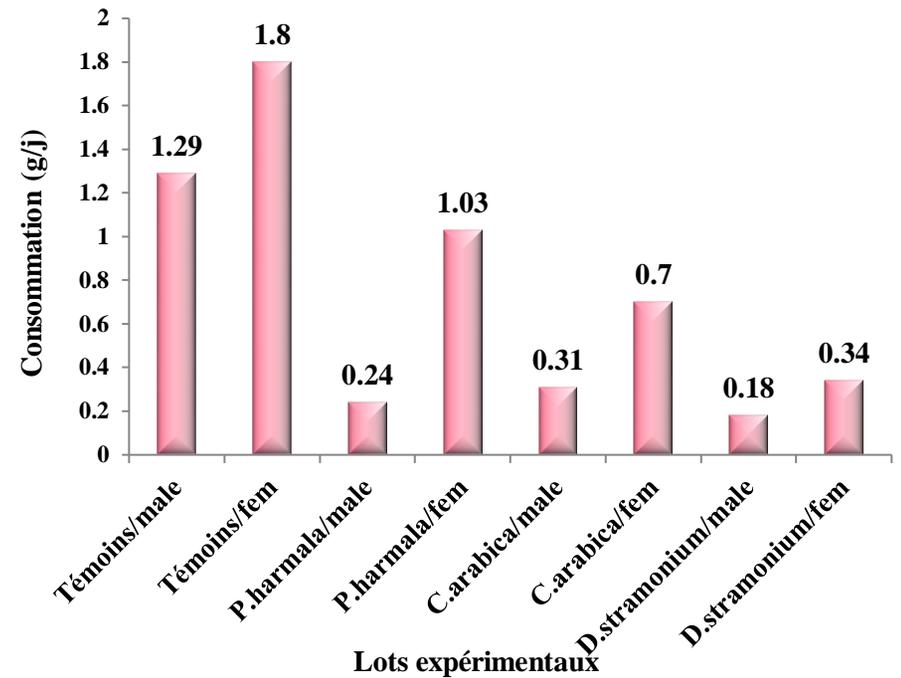


Figure 20.- Consommations journalières moyennes des larves L₅ mâles et femelles de *S. gregaria* témoins et traitées avec les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*

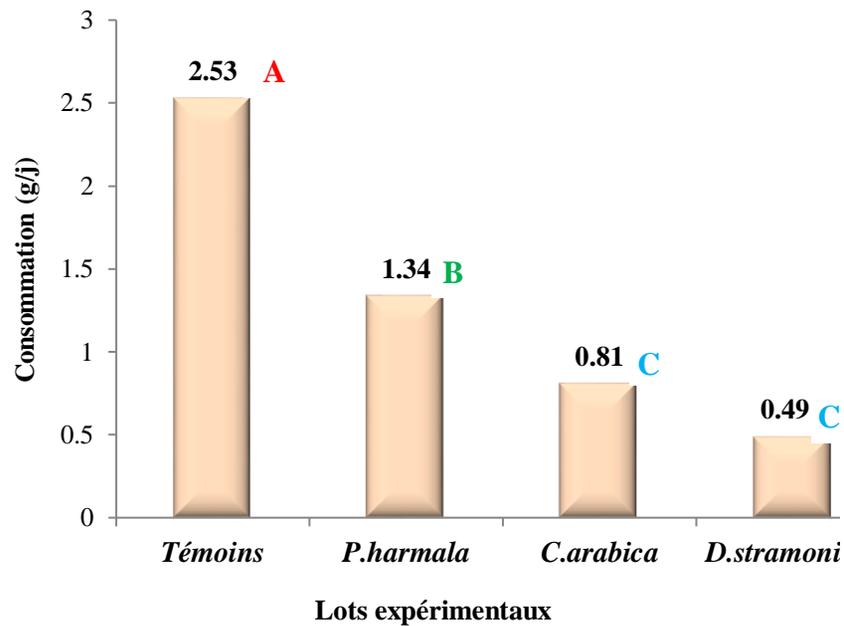


Figure 21.- Consommations journalières moyennes des imagos de *S. gregaria* témoins et traitées avec les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*

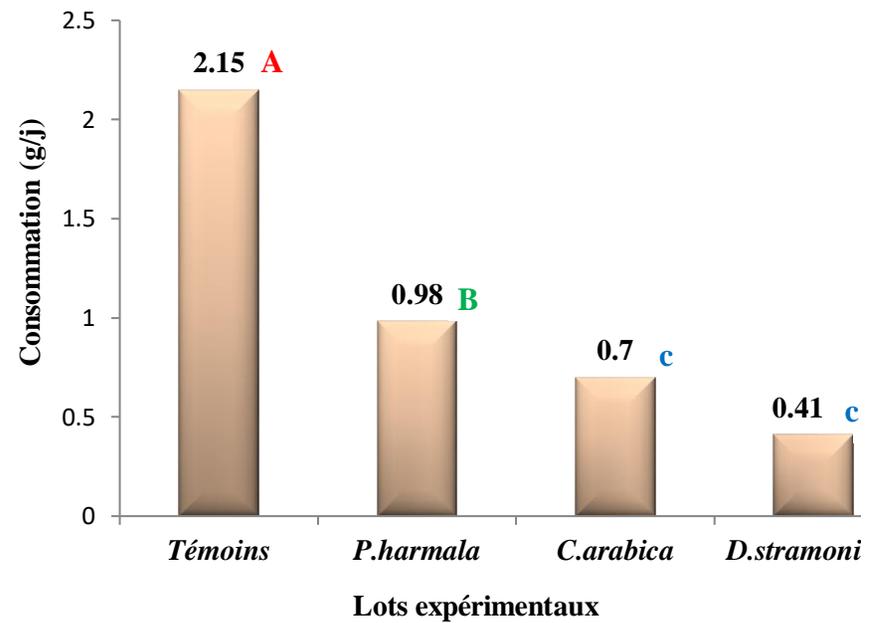


Figure 22.- Consommations journalières moyennes des imagos mâles de *S. gregaria* témoins et traitées avec les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*

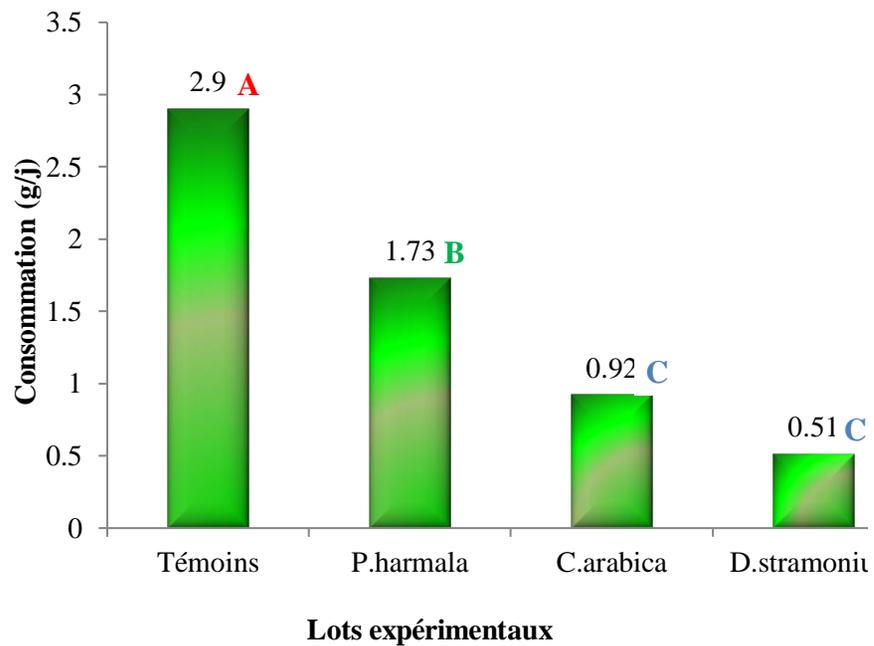


Figure 23.- Consommations journalières moyennes des imagos femelles de *S. gregaria* témoins et traitées avec les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*

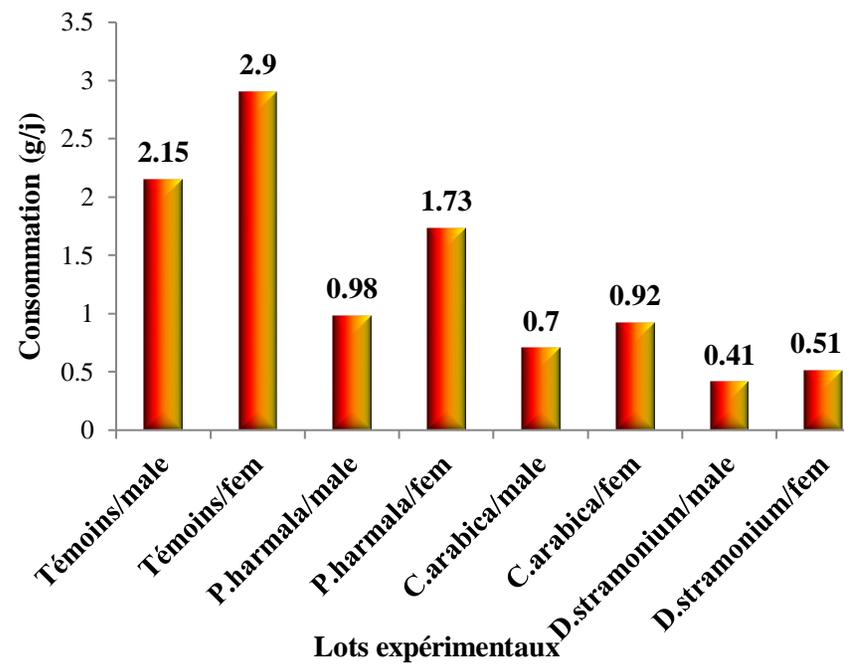


Figure 24.- Consommations journalières moyennes des imagos mâles et femelles de *S. gregaria* témoins et traitées avec les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*

Lors des précédentes invasions acridiennes (2003-2006), il a été observé que certaines plantes du Sahara septentrional (Est de l'Algérie) comme *Peganum harmala* et *Cleome arabica* ne sont pas consommés par le criquet pèlerin. (Kemassi et al., 2014).

L'acceptation de la nourriture par les insectes dépend des diverses substances phago-stimulantes contenues dans la nourriture (Thorsteinson, 1960 ; Hsiao, 1969). Le choix d'une plante nourricière chez un insecte est relatif aux quantités d'agents stimulant ou inhibant l'absorption des aliments présents dans l'espèce végétale (Descoin, 1979). Selon Duranton et al. (1982), le criquet pèlerin est une espèce euryphage. De même, Moumen (1997) a souligné que le changement de comportements alimentaires chez les insectes est en relation avec l'opportunité de consommer une plante plutôt qu'une autre, les substrats contenus dans un aliment jouent un rôle important dans la stimulation ou l'inhibition de la prise de la nourriture chez l'insecte. Selon Rao et Subrahmanyam (1986) certains extraits de plantes inhibent la synthèse de quelques composés trophiques au niveau du système nerveux qui ont un rôle indispensable sur la prise de nourriture. Le refus ou la diminution de la consommation de plantes indique sans aucun doute la présence de substances chimiques qui inhibent la prise alimentaire (Legal, 1989). Les plantes peuvent se protéger de différentes attaques des phytophages par la capacité de synthétiser des métabolites secondaires tels que des alcaloïdes, des furano coumarines, les glycosides, les terpènes,... etc (Harborne, 1993). Rao et Mehotra (1977) notent que les alcaloïdes se caractérisent par leur effet anti-appétant.

Plusieurs auteurs ont affirmé que les plantes testées (*P.harmala*, *C.arabica*, *D.stramonium*) contiennent des métabolites secondaires tels que les alcaloïdes et les phénols, des terpènes et autres, dans leurs différentes parties végétatives (Idrissi Hassani et El Hadek., 1999, 2000 ; Mahmoudian et al., 2002 ; Madi, 2018 ; Allouni, 2011 ; Ghedjati, 2014).

Dans la présente étude, on peut émettre l'hypothèse que la faible consommation de nourritures enregistrée chez les larves L₅ et les imagos de *S.gregaria* traitées avec les huiles lourdes de graines issues de trois plantes testées est dû aux métabolites secondaires contenus dans ces huiles végétales, connus pour leurs effets anti-appétant. Plusieurs études ont démontré l'effet des extraits végétaux sur la diminution de la prise de nourriture chez les individus de *S.gregaria* traitées.

Kemassi et al. (2018) indiquent que les individus de *S.gregaria* traitées par les différents extraits de *Cleome arabica* ont une faible consommation de nourriture. Les larves L₅ et imagos traitées par l'extrait alcaloïdique présentent une consommation moyenne de 0,62± 0,12 g/jour et de 0,92± 0,19 g/jour respectivement. Alors que les consommations moyennes constatées chez les larves L₅ et imagos traitées avec l'extrait acétonique sont respectivement de 0,94± 0,2 g/jour et de 0,59± 0,27 g/jour. Selon Kemassi et al. (2012) les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* nourris avec des feuilles de chou traitées avec des extraits foliaires bruts acétoniques de *Cleome arabica* montrent une consommation réduite. Cette consommation est de 1,43±0,36g/jour pour les larves L₅ et elle est de 0,74±0,49g/jour pour les imagos. Lebbouz (2010) à signaler une baisse de prise de nourriture chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* nourris sur des feuilles de chou traitées par les extraits

foliaires bruts de *C. arabica*, les valeurs correspondantes étaient respectivement de 1,460 g et 1,536 g. Bouziane (2012) note une baisse consommation chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* nourris par des feuilles de chou imbibées dans divers extraits de *Peganum harmala*. La consommation obtenue pour l'extrait acétonique est de 1,90±1,65 g/jour chez les larves L₅ et de 0,75±0,36 g/jour chez les adultes. Alors que pour l'extrait alcaloïdique, la consommation chez les larves L₅ et imagos est de 1,27±0,37 g/jour et de 0,99±0,17 g/jour respectivement. Abbassi et al. (2005) signalent que l'extrait éthanolique des feuilles de *Peganum harmala* provoque chez les larves L₅ et les imagos femelles une réduction de la prise de nourriture et une perte d'eau sous forme de fèces hydratés. Abbassi et al. (2003) ajoutent que l'extrait de graines de *Peganum harmala* engendre chez les larves L₅ et les imagos femelles de *S.gregaria* une diminution de la consommation. Idrissi Hassani et al. (2002) ont constaté une baisse de la prise de nourriture chez les larves L₄ et les imagos femelles de *S.gregaria* traitées par l'administration des différentes doses d'huile de graines de *Peganum harmala* soit (2 ml ou 3 ml) dose/ individu pour les larves L₄ et 5ml dose/individu pour les imagos femelles. Selon Bouhas-Boubekka (2011) rapporte que les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* traitées avec différentes doses D₁ (5%) et D₂ (10%) et D₃ (20%) de l'extrait aqueux de *Datura innoxia* (plante du même genre que *Datura stramonium*) présentent des moyennes de consommations faibles qui sont respectivement de 0,08g et de 0,047g et de 0,042g chez les larves L₅. Et de 0,078g et de 0,067g et de 0,05g respectivement chez les imagos. D'après Zouiten et al. (2006) les larves L₅ de *S.gregaria* nourries avec de la laitue traitée avec divers extraits de la plante *Solanum sodomaeum* L. (Solanaceae) (plantes de la même famille que *Datura stramonium*) notamment ; les extraits de méthanol, de dichlorométhane et d'acétate d'éthyle, l'extrait d'hexane, ont montré une diminution de leur consommation alimentaire, probablement due à un effet répulsif et anti-appétant de cette plante. D'après Ould El Hadj et al. (2003) les extraits de *Melia azedarach* et d'*Azadirachta indica* ne permettent aucune prise de nourriture chez les L₅ et les adultes de *S. gregaria*. Ould El Hadj et al. (2006) ajoutent que le blocage de la prise de nourriture observé chez les larves L₅ et les imagos de *S.gregaria* traitées avec l'extrait d'*Azadirachta indica*, est dû à l'effet anti-péristaltique de cette plante au niveau du canal alimentaire. Morgan et al. (2003) signalent que les extraits triterpénoïdes des graines d'*Azadirachta indica* se caractérisent par leurs puissants effets anti-appétissants et stérilisants. Selon Harizia et Doumandji (2014) les larves L₅ de *S.gregaria* nourries avec des fragments déterminés de feuilles de chou imbibées d'huile essentielle de *Nerium oleander* ont cessé de s'alimenter dès le deuxième jour de traitement.

II.2.3. Effet des huiles végétales lourdes sur la progression pondérale

Les résultats des variations du poids journalier moyen observés chez les larves L₅ et imagos mâles et femelles de *Schistocerca gregaria* témoins et traitées par les huiles lourdes de graines issus de trois plantes acridifuges (*P.harmala*, *C.arabica*, *D.stramonium*) sont présentés dans les tableaux 7,8.

Tableau 7.- Variation du poids enregistrée chez les larves L₅ de *Schistoserca gregaria* témoins et traitées par les huiles de graine de *Peganum harmala* et *Cleome arabica* et *Datura stramonium*

Temps (Jours)	Lots expérimentaux (Variation pondérale en gramme chez les larves L ₅)							
	Témoin		<i>P. harmala</i>		<i>C. arabica</i>		<i>D. stramonium</i>	
	mâle	femelle	mâle	femelle	mâle	femelle	mâle	femelle
1	0,65±0,05	0,84±0,11	0,67±0,04	0,82±0,08	0,59±0,08	0,76±0,08	0,51±0,07	0,67±0,06
2	1,09±0,13	1,34±0,22	0,66±0,10	0,91±0,22	0,64±0,14	0,85±0,13	0,49±0,15	0,72±0,16
3	1,29±0,10	1,50±0,25	0,91±0,18	1,10±0,42	0,68±0,19	0,95±0,24	0,52±0,23	0,77±0,25
4	1,42±0,11	1,74±0,19	1,12±0,11	1,18±0,52	0,79±0,23	1,17±0,21	0,59±0,24	0,93±0,24
5	1,57±0,12	1,91±0,17	1,27±0,10	1,68±0,27	0,91±0,17	1,27±0,23	0,66±0,21	1,01±0,19
6	1,63±0,13	1,99±0,12	1,46±0,12	1,99±0,11	0,95±0,20	1,37±0,28	0,62±0,24	1,03±0,27
7	1,56±0,14	1,97±0,18	1,46±0,15	2,03±0,09	0,97±0,22	1,56±0,16	0,83±0,00	1,01±0,33
8	1,46±0,16	1,88±0,17	1,45±0,18	1,97±0,14	1,00±0,28	1,64±0,21	-	1,30±0,35
9	1,47±0,07	1,84±0,11	1,34±0,22	1,84±0,13	1,02±0,33	1,81±0,15	-	1,58±0,17
10	imagos	imagos	1,31±0,26	1,84±0,11	1,08±0,32	1,83±0,15	-	1,64±0,14
11	imagos	imagos	1,17±0,38	1,81±0,15	1,21±0,05	1,76±1,00	-	1,65±0,04
12	imagos	imagos	0,68±0,00	1,90±0,32	1,11±0,06	1,66±0,18	-	1,63±0,01
13	imagos	imagos	imagos	imagos	1,04±0,07	1,55±0,06	-	1,57±0,00
14	imagos	imagos	imagos	imagos	1,06±0,00	imagos	-	1,52±0,00
15	imagos	imagos	imagos	imagos	1,01±0,00	imagos	-	1,43±0,00

16	imagos	imagos	imagos	imagos	0,9±0,00	imagos	-	1,29±0,00
17	imagos	imagos	imagos	imagos	imagos	imagos	-	-

Tableau 8.- Variation du poids enregistrée chez les imagos de *Schistoserca gregaria* témoins et traitées par les huiles de graine de *Peganum harmala* et *Cleome arabica* et *Datura stramonium*

Temps (Jours)	Lots expérimentaux (Variation pondérale en gramme chez les imagos)							
	Témoin		<i>P.harmala</i>		<i>C.arabica</i>		<i>D.stramonium</i>	
	mâle	femelle	mâle	femelle	mâle	femelle	mâle	femelle
1	1,43±0,24	1,82±0,14	1,32±0,13	1,75±0,15	1,53±0,28	1,53±0,28	1,30±0,14	1,91±0,15
2	1,65±0,13	2,07±0,18	1,33±0,18	1,72±0,15	1,35±0,19	1,72±0,21	1,22±0,20	1,84±0,23
3	1,75±0,13	2,19±0,20	1,40±0,18	1,78±0,24	1,32±0,22	1,76±0,26	1,19±0,27	1,96±0,35
4	1,85±0,15	2,30±0,18	1,43±0,14	1,89±0,32	1,35±0,21	1,98±0,40	1,19±0,24	2,07±0,26
5	1,89±0,07	2,37±0,14	1,45±0,13	1,96±0,30	1,45±0,30	2,00±0,27	1,06±0,32	2,01±0,31
6	2,00±0,07	2,48±0,20	1,48±0,12	2,10±0,24	1,54±0,31	2,08±0,29	1,30±0,24	2,02±0,38
7	2,09±0,19	2,56±0,16	1,50±0,15	2,16±0,30	1,68±0,17	2,17±0,25	1,66±0,00	2,26±0,15
8	2,17±0,15	2,65±0,19	1,56±0,14	2,16±0,36	1,75±0,24	2,21±0,31	1,73±0,00	2,31±0,05
9	2,24±0,18	2,79±0,23	1,58±0,14	2,25±0,41	1,79±0,21	2,29±0,35	1,71±0,00	2,14±0,03
10	2,32±0,17	2,84±0,12	1,67±0,14	2,53±0,20	1,79±0,16	2,46±0,30	1,77±0,00	2,01±0,00
11	2,34±0,16	2,90±0,17	1,67±0,17	2,54±0,24	1,83±0,24	2,44±0,27	1,80±0,00	1,77±0,00
12	2,41±0,18	3,00±0,24	1,65±0,20	2,68±0,24	1,88±0,26	2,40±0,39	1,70±0,00	-
13	2,41±0,19	3,00±0,21	1,67±0,24	2,63±0,30	1,92±0,28	2,52±0,49	1,53±0,00	-

14	2,43±0,14	3,08±0,25	1,75±0,17	2,76±0,32	1,90±0,21	2,67±0,28	-	-
15	2,48±0,19	3,20±0,31	1,72±0,07	2,75±0,33	1,92±0,27	2,70±0,24	-	-
16	2,50±0,18	3,26±0,33	1,77±0,12	2,91±0,26	1,91±0,30	2,76±0,24	-	-
17	2,48±0,14	3,29±0,29	1,78±0,12	2,80±0,37	1,96±0,32	2,78±0,26	-	-
18	2,44±0,18	3,37±0,36	1,79±0,12	2,92±0,18	1,98±0,32	2,67±0,23	-	-
19	2,44±0,22	3,45±0,34	1,78±0,16	3,01±0,26	1,95±0,36	2,67±0,17	-	-
20	2,43±0,21	3,37±0,33	1,80±0,12	3,02±0,41	1,94±0,35	2,67±0,17	-	-
21	2,44±0,18	3,38±0,30	1,77±0,13	3,11±0,24	1,94±0,32	2,74±0,18	-	-
22	2,43±0,17	3,43±0,26	1,77±0,13	3,18±0,23	1,96±0,36	2,74±0,21	-	-
23	2,44±0,17	3,43±0,31	1,78±0,12	3,19±0,32	1,95±0,34	2,76±0,20	-	-
24	2,46±0,21	3,48±0,32	1,79±0,15	3,14±0,31	1,96±0,27	2,72±0,24	-	-
25	2,41±0,19	3,46±0,35	1,78±0,16	3,28±0,19	1,96±0,34	2,80±0,20	-	-
26	2,42±0,19	3,46±0,29	1,80±0,12	3,10±0,21	1,96±0,33	2,81±0,15	-	-
27	2,43±0,21	3,43±0,29	1,76±0,15	3,06±0,18	1,94±0,31	2,80±0,17	-	-
28	2,42±0,18	3,41±0,37	1,77±0,13	2,89±0,40	1,96±0,33	2,86±0,12	-	-
29	2,44±0,20	3,44±0,37	1,79±0,15	3,13±0,12	1,97±0,34	2,82±0,10	-	-
30	2,45±0,19	3,44±0,36	1,76±0,14	3,17±0,09	1,95±0,34	2,80±0,19	-	-

Il est à noter que les lots traités aux huiles végétales présentent une diminution ou perte du poids par rapport aux lots témoins. Les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* traitées par les deux huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* présentent un gain de poids limité et faible comparativement aux larves L₅ et imagos témoins. Alors que les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* traitées par l'huile de graines de *D.stramonium* subissent une perte de poids importante. Il convient de noter que l'effet néfaste d'huile de graines de *D.stramonium* sur la progression pondérale des larves L₅ et des imagos de *S.gregaria* est plus accentué par rapport aux deux huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* (figures 25, 29).

On a enregistré chez les larves L₅ de *S.gregaria* traitées par l'huile de graines de *P.harmala* un gain de poids de l'ordre de 15,64±31,35% avec une différence de gain de poids selon le sexe, 19,65±34,44% chez les mâles et de 11,63±59,13% chez les femelles. Parallèlement, les larves L₅ traitées par l'huile de graines de *C.arabica* ont rapporté un gain de poids de l'ordre de 14,28±38,74%, le gain de poids enregistré chez les mâles et les femelles est de l'ordre de 3,66±36,74% et de 24,89±37,77% respectivement. Alors que, chez les larves L₅ de *S.gregaria* traitées avec l'huile de graines de *D.stramonium* montrent une chute du poids de l'ordre de -17,55±36,97%, avec une chute du poids de l'ordre de -28,03±29,45% chez les mâles et de -7,07±40,58% chez les femelles. Cependant chez les larves L₅ de *S.gregaria* témoins, le gain de poids est de l'ordre de 53,36±5,54%, qui varie en fonction de sexe, le gain de poids chez les mâles est de l'ordre de 53,38±4,69%, tandis que chez les femelles il est de l'ordre de 53,33±6,27% (figures 25, 26, 27). L'huile de graines qui provoque une perte importante en poids chez les larves L₅ de *S.gregaria* est celle de *D.stramonium* suivie par l'huile de graines de *C.arabica* et puis de celle de *P.harmala* (figure 25). De même, la (figure 25) montre pour les résultats de la moyenne du gain de poids enregistrée chez les larves L₅ de *S.gregaria* que le groupe A contient les individus témoins et le groupe B contient les individus traités par les deux huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et le groupe C contient les individus traités par l'huile de graines de *D.stramonium*, ceci indique que la moyenne de gain du poids chez les larves L₅ témoins de 53,36±5,54% est significativement supérieur aux moyennes du gain ou chute de poids obtenu chez les larves L₅ traitées par les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*, étant de 15,64±31,35% et de 14,28±38,74% et de -17,55±36,97% respectivement. Et la moyenne du gain de poids enregistré chez les larves L₅ traitées par les deux huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* est nettement supérieur à la moyenne de la chute de poids obtenue chez les larves L₅ traitées avec l'huile de graines de *D.stramonium*.

Par ailleurs, les imagos de *S.gregaria* traitées par l'huile de graines de *C.arabica* ont enregistré un gain de poids de l'ordre de 21,28±22,65%, il est de l'ordre de 15,29±26,46% chez les mâles et de 27,27±15,94% chez les femelles. En revanche, le gain de poids est plus faible chez les imagos traitées à l'huile de graines de *P.harmala*, il est de 15,51±31,35%, avec une légère différence en fonction de sexe, le gain de poids chez les mâles et les femelles est de l'ordre de 15,79±19,18% et 15,23±39,98% respectivement. Alors que les imagos de *S.gregaria* traitées par l'huile de graines de *D.stramonium* ont enregistré une chute de poids de l'ordre de -22,44±25,02%, la chute du poids

chez les mâles est plus importante que les femelles, elle est de l'ordre de $-35,35 \pm 23,95\%$ et $-9,53 \pm 18,56\%$ respectivement. Cependant, le gain de poids chez les imagos de *S.gregaria* témoins est de l'ordre de $44,11 \pm 5,65\%$, avec un gain de poids de l'ordre de $41,38 \pm 5,96\%$ pour les mâles et de $46,85 \pm 3,66\%$ pour les femelles (figures 29, 30, 31). Il semble que la perte en poids causée par l'huile de graines de *D.stramonium* chez les imagos est plus sévère comparativement aux pertes engendrés par les deux huiles de graines de *C.arabica* et *P.harmala* (figure 29). À partir de la (figure 29) qui présente les différentes moyennes des gains du poids des imagos traitées et témoins de *S.gregaria*, on peut dire que le groupe A contient les imagos témoins et le groupe B contient les imagos traitées par les deux huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et le groupe C contient les imagos traitées avec l'huile de graines de *D.stramonium*, cela signifie que le gain de poids moyen des imagos témoins de $44,11 \pm 5,65\%$ est significativement supérieur aux moyennes du gain ou chute du poids observé chez les imagos traitées par les huiles de graines de *C.arabica* et *P.harmala* et *D.stramonium* qui sont respectivement de $21,28 \pm 22,65\%$ et de $15,51 \pm 31,35\%$ et de $-22,44 \pm 25,02\%$, et que la chute du poids moyenne obtenue chez les imagos traitées avec l'huile de graines de *D.stramonium* est significativement inférieure aux deux moyennes du gain du poids enregistrés chez les imagos traitées avec les deux huiles de graines de *C.arabica* et *P.harmala*.

Sur le spectre de ces résultats, on peut conclure que les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium* influencent négativement la progression pondérale des larves L₅ et imagos de *S.gregaria* traitées. Il semble que les deux huiles de graines de *C.arabica* et *D.stramonium* affectant la progression pondérale chez les larves L₅ et imagos (mâles) de *S.gregaria* plus que les femelles. Par contre, l'huile de graines de *P.harmala* cause des pertes en poids chez les larves L₅ et imagos (femelles) de *S.gregaria* plus que les mâles (figure 32). En outre, l'huile de graines qui inhibe le plus la progression du poids chez les larves L₅ et imagos mâles de *S.gregaria* est celui de *D.stramonium*, suivie de l'huile de graines de *C.arabica*, puis celle de *P.harmala* (figure 26, 30). De même, chez les larves L₅ et imagos femelles, on trouve que l'huile de graines de *D.stramonium* qui affecte le plus la progression pondérale, mais l'huile de graines de *P.harmala* affecte la progression du poids chez les larves L₅ et imagos femelles plus que l'huile de graines de *C.arabica* (figure 27, 31).

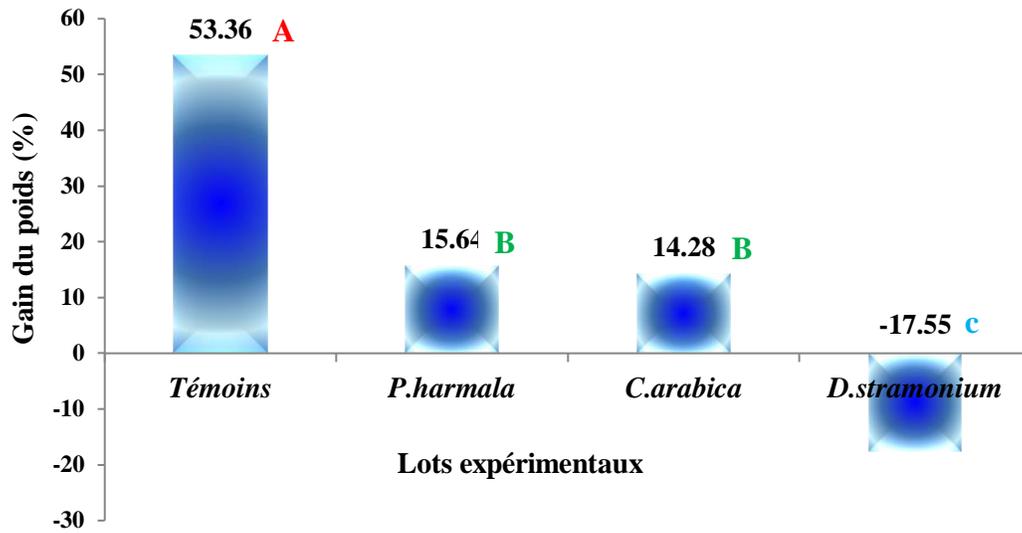


Figure 25.- Variation du poids par rapport au poids initial des larves L₅ de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

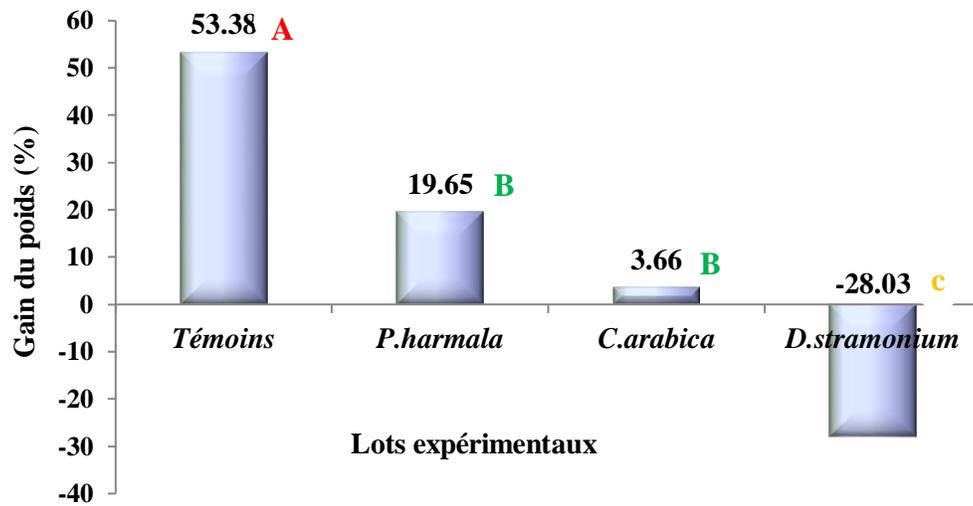


Figure 26.- Variation du poids par rapport au poids initial des larves L₅ mâles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

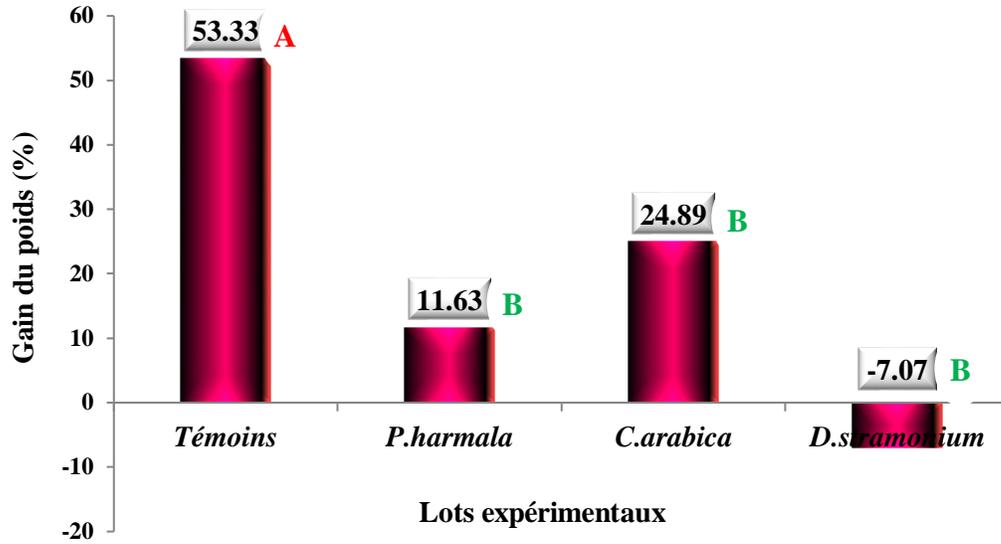


Figure 27.- Variation du poids par rapport au poids initial des larves L₅ femelles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

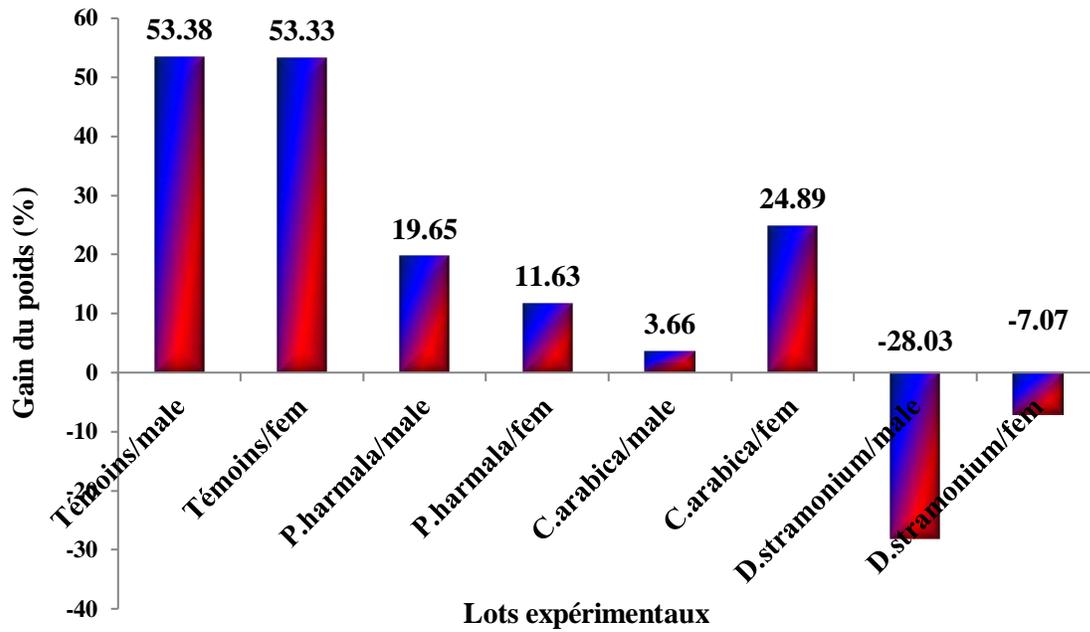


Figure 28.- Variation du poids par rapport au poids initial des larves L₅ mâles et femelles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

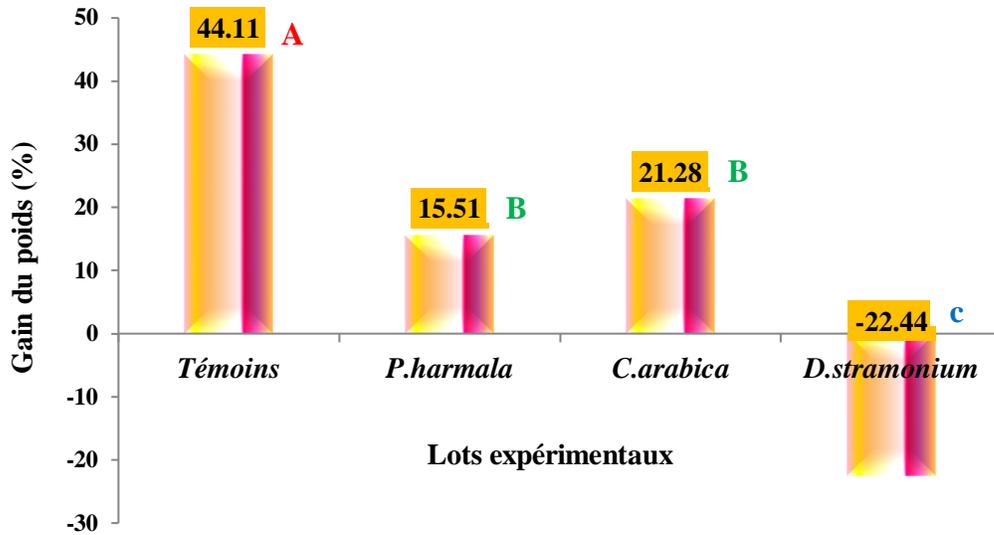


Figure 29.- Variation du poids par rapport au poids initial des imagos de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

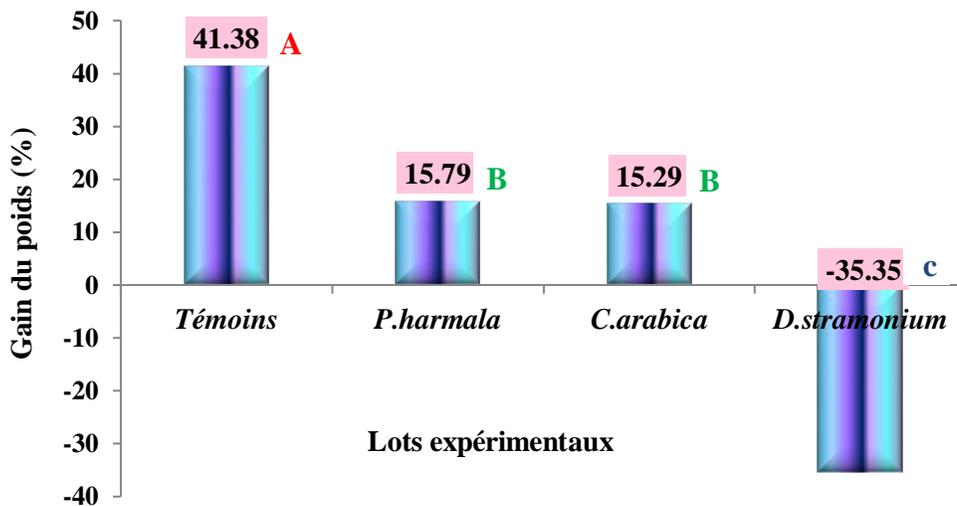


Figure 30.- Variation du poids par rapport au poids initial des imagos mâles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

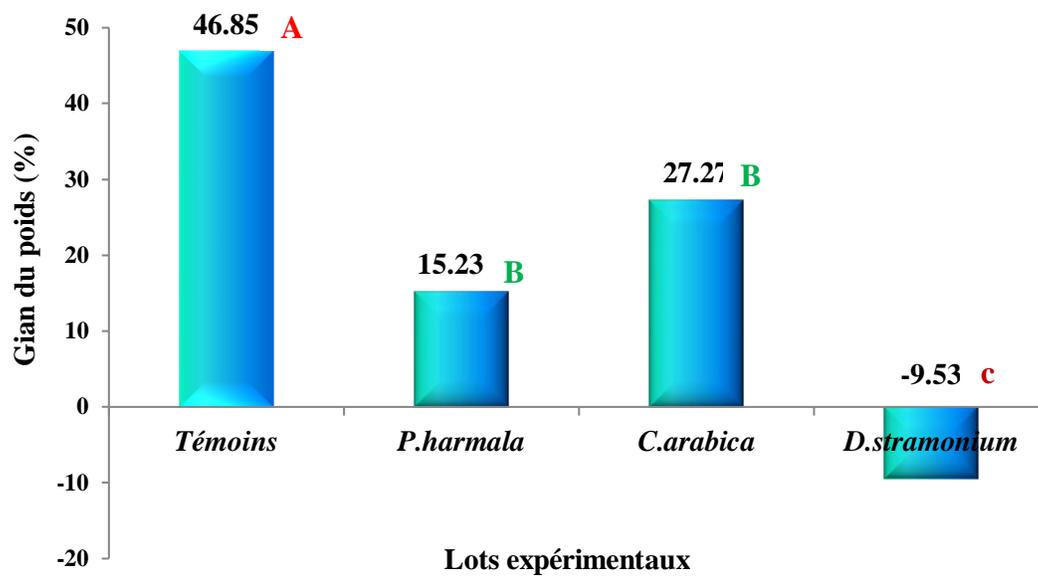


Figure 31.- Variation du poids par rapport au poids initial des imagos femelles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

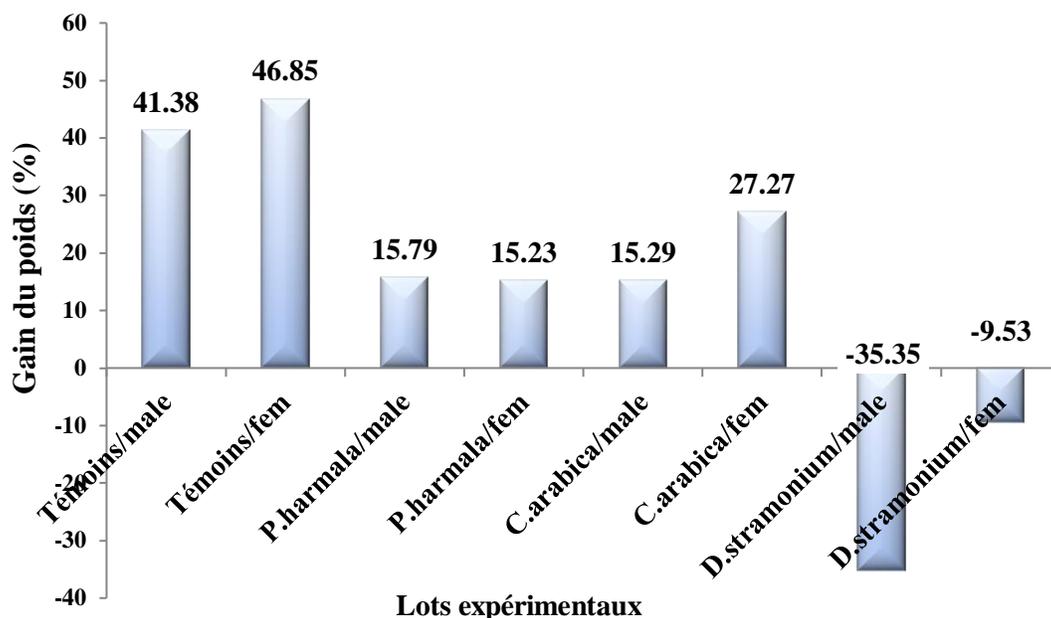


Figure 32.- Variation du poids par rapport au poids initial des imagos mâles et femelles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

Il est admis communément que le gain de poids chez l'individu dépend de sa physiologie, de la nature et de la composition des aliments consommés et de sa capacité à assimiler et de conversion de nourriture ingérées (Brennière et *al.*, 1949). Le gain du poids chez les insectes est lié aux nutriments contenus dans les plantes consommées (Hurpin, 1962).

Plusieurs études démontrent que l'espèce de *S.gregaria* se caractérise par l'existence d'une large catégorie d'osidases telles que l'invertase et amylase qui agissent rapidement et qui ont une activité élevée. De plus il existe d'autres osidases dont : le maltose, melibiase, α phényl glucosidase, hydrolyse, raffinose, la pectine, la lichenine, qui se caractérisent par leurs activités lentes et partielles. Une dernière catégorie d'osidases (gentiobiase, α méthyl glucosidase, β phényl glucosidase) sont connues pour leurs faibles activités et génèrent donc une faible quantité d'oses (Strebler, 1978). Selon Louis (2004) la présence de composés d'origines et de propriétés diverses réduites la digestibilité des matières végétales consommées et peut entraîner une perturbation des processus métaboliques de l'organisme, pouvant causer un retard de croissance, de développement, et même la mort de l'individu. L'atropine (métabolite secondaire), elle peut persister pour longtemps dans l'organisme (Stéphan, 2002). Selon Sieber et Rembold (1983) les terpénoïdes, en plus de leur pouvoir répulsif, inhibent la croissance aux stades juvéniles. Les alcaloïdes, les phénols comme les flavonols et les tanins affectent la croissance et la survie des phytophages agressifs (Vincent et Coderre, 1992), ces métabolites ont un rôle anti-nutritionnel (Regnault-roger, 2005 ; Bourmita, 2014). L'isolement d'une variété d'alcaloïdes à partir de plantes et de

micro-organismes caractérisés par la présence de multiples substituants hydroxy sur un cycle qui suggère la structure des monosaccharides (Fellows et al., 1989a, 1992 ; Molyneux, 1993). De nombreux alcaloïdes utilisés, en particulier la castanospermine, inhibent l'activité I-glucosidase (Scofield et al., 1986).

Plusieurs chercheurs ont démontré que les plantes testées sont extrêmement riches en métabolites secondaires, notamment : alcaloïdes et phénols, terpènes et autres (Idrissi Hassani et El Hadek., 1999, 2000 ; Mahmoudian et al., 2002 ; Madi, 2018 ; Allouni, 2011 ; Ghedjati, 2014). Au regard de ces résultats, nous pouvons supposer que les métabolites secondaires contenus dans les huiles lourdes de graines testées provoquent chez les larves L₅ et les imagos de *S.gregaria* traitées des perturbations métaboliques qui se manifestent en particulier par l'inhibition de l'activité osidique, cela entraîne une perte de matière végétale et d'énergie, ce qui amène à une chute ou baisse de poids observée chez les individus de *S.gregaria* traités. Plusieurs recherches confirment que les extraits de diverses plantes accridifuges agissent négativement sur la progression pondérale. Kemassi et al., (2018) ont observé une perte de poids chez les larves L₅ et les imagos de *S. gregaria* nourries avec des feuilles de chou traitées aux extraits de *Cleome arabica*. Les larves L₅ et les imagos nourris de feuilles de chou traitées avec l'extrait acétonique ont subi des pertes de poids de l'ordre de 6,56±0,91% et de 4,49±1,01% respectivement. Alors que, les pertes en poids enregistrés chez les larves L₅ et imagos alimentés sur des feuilles de chou traitées avec l'extrait alcaloïdique, sont respectivement de l'ordre de 4,40±0,81% et de -8,59 ±1,96%. Kemassi (2008) a observé une réduction de gain de poids chez les larves L₅ et une chute de poids chez les imagos de *S.gregaria* traitées avec l'extrait foliaire de *C.arabica*, les larves L₅ ont obtenu un gain de poids de l'ordre de 11,75%, tandis que la perte en poids chez les imagos est de l'ordre de 02,02%.

Lebbouz (2010) déclare que les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* nourries par des feuilles de chou trempées dans l'extrait foliaire de *C. arabica* présentent une réduction de la progression pondérale, leurs gains de poids sont respectivement de l'ordre de 51,63% et de 58,42%. Idrissi Hassani et Hermas (2008) déclarent que Les larves L₄ de *S.gregaria* alimentés avec *P. harmala* survivant présentent un faible poids corporel. D'après Abbassi et al. (2005) une baisse de poids a été enregistrée chez les larves L₅ et les imagos femelles traitées avec l'extrait éthanolique de feuilles de *Peganum harmala*. Abbassi et al. (2003) ajoutent que les larves L₅ et imagos femelles traitées avec l'extrait de graines de *Peganum harmala* montrent une réduction du poids. Selon Bouhas-Boubekka (2011) les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* nourris par une nourriture traitée par des doses différentes de l'extrait aqueux de *Datura innoxia* (espèce du même genre que *Datura stramonium*) montrent un faible gain de poids. Chez les larves L₅ le gain de poids pour les doses D₁ (5%), D₂ (10%), D₃ (20%) est de l'ordre de 0,62g et de 0,40g et 0,31g respectivement. Alors que chez les imagos le gain de poids varie de de 1,11g pour la faible dose (D₁) à 1,06 g pour la dose moyenne (D₂) à 0,91g pour la forte dose (D₃). Harizia et Doumandji., (2014) rapportent que les larves L₅ nourries avec des fragments déterminés de feuilles de chou imbibées d'huile essentielle de *Nerium oleander* présentent une perte de poids de 38, 42%.

Selon Ouled El Hadj et *al.*, (2003) les larves L₅ de *S.gregaria* alimentés avec des feuilles de chou imbibées dans différents extraits d'*Azadirachta indica*, de *Melia azedarach* et d'*Eucalyptus globulus* perdent 56%, 37% et 19,5% respectivement de leurs poids initiaux. Alors que chez imagos, cette réduction de poids était de 36% pour le neem, 29,9% pour le mélia et 18,6% pour l'eucalyptus. Kemassi et *al.* (2010) ont constaté que les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* alimentés avec de chou pulvérisé par l'extrait foliaire d'*Euphorbia guyoniana* perdaient respectivement 26,93% et 33,09% de leur poids initial. Ould El Hadj et *al.* (2006) notant une diminution progressive du poids des larves L₅ et des imagos de *S.gregaria* nourris par une plante exposée à des extraits foliaires d'*Azeradarachta indica* (Miliaceae), *Milia azerdarach* (Miliaceae), *Calotropis procerea* (Asclepediaceae), *Nerium oleander* (Apocynaceae), *Glinus litoides* (Aizoaceae), et d'*Eucalyptus occidentalis* (Myrtaceae). Belhadi (2005) à trouvé que les feuilles de *Rosmarinus officinalis* S. (Lamiaceae) et *Nerium oleander* diminuent la progression pondérale des larves L₅ et les imagos de *S.gregaria*. Selon TAIL (1998) les substances actives présentes dans les extraits de *Milia volkensii* Gürke (Meliaceae), réduisent la croissance et le développement de *S. gregaria* en modifiant l'apport alimentaire, la fertilité et la fécondité des criquets traités.

Selon Acheuk et Doumandji-Mitiche (2013) les alcaloïdes de *Pergularia tomentosa* L. (Paulowniacées) ont eu un impact significatif sur la croissance larvaire du criquet migrateur. Moussa (2003) à montré que la croissance des larves L₄ et L₅ de *Locusta migratoria migratoria* et *Locusta migratoria migratorioides* est inhibée par l'huile d'*Azadirachta indica*.

II.2.4. Effet des huiles végétales lourdes sur le coefficient d'utilisation digestive apparent(CUDa)

Le coefficient d'utilisation digestive (CUDa) permet de déterminer l'interaction entre le tube digestif et la composition de la plante ingérée (Legal, 1989). Les valeurs moyennes de coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDa) observées chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* témoins et traitées par les huiles lourdes de graines de trois plantes spontanées dont *P.harmala*, *C.arabica* et *D.stramonium* sont regroupées dans le tableau 9.

Tableau 9.- Valeurs moyennes de Coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDa) estimés pour les larves L₅ et les imagos de *S. gregaria* témoins et traitées par les huiles de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

Paramètres		(CUDa)(%) chez les larves (L ₅)	(CUDa)(%) chez les imagos
Lots expérimentaux	Témoin	70,63 ±19,56 (A)	91,50±2,05 (A)
	<i>P.harmala</i>	39,32±13,07 (B)	85,37±5,51 (B)
	<i>C.arabica</i>	40,67±33,14 (B)	81,74±5,90 (B)
	<i>D.stramonium</i>	34,23±29,07 (B)	43,00±27,51 (C)

À partir des résultats (tableau 9), les valeurs moyennes de coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) estimées dans les lots traités sont inférieures à celles des lots témoins. Les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* traitées aux huiles végétales présentent des valeurs moyennes de coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) variable selon l'huile de graines injectée et le sexe de l'insecte et son stade de développement (figures 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40). Les faibles valeurs de coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) enregistrés chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* traitées induit que ces huiles végétales provoquent des perturbations digestives qui se manifestent par une défécation intense et par des fèces liquéfiées et des difficultés d'assimilation et absorption des aliments.

La valeur moyenne de coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) enregistrée chez les larves L₅ de *S.gregaria* témoins est de 70,63±19,56%, les valeurs moyennes des mâles étant de 71,16±21,62% et celles des femelles est de 70,09±18,81%. Les larves L₅ de *S.gregaria* traitées avec l'huile de graines de *C.arabica* ont une valeur moyenne de coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) de 40,67±33,14%, qui diffère selon le sexe, elle est de 37,34±30,22% chez les mâles et de 47,19±36,15% chez les femelles. De plus, la valeur moyenne de coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) enregistrée chez les larves L₅ traitées avec l'huile de graines de *P.harmala* est plus faible comparativement à celle obtenue chez les larves L₅ traitées avec l'huile de graines de *C.arabica*, elle est de 39,32±13,07%, avec une différence significative selon le sexe, elle est de 14,73±11,22% pour les mâles et de 60,31±17,57% pour les femelles, cela peut s'expliquer par le manque d'appétit des mâles par rapport aux femelles. Alors que la valeur moyenne de coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) la plus faible est obtenue chez larves L₅ de *S.gregaria* traitées par l'huile de graines de *D.stramonium* avec 34,23±29,07%, les valeurs étaient légèrement différentes entre les mâles et les femelles, elle est de 33,92±24,17% et de 34,35±29,16% respectivement (figures 33, 34, 35, 36). Le (tableau 9) montre pour les résultats des valeurs moyennes de coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) enregistrées chez les larves L₅ de *S.gregaria* que le groupe A contient les larves L₅ témoins et le groupe B contient les larves L₅ traitées avec les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*, cela implique qu'il y a une différence significative entre les valeurs moyennes de CUDA enregistrées chez les larves L₅ témoins et traitées avec les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium* qui sont respectivement de 70,63±19,56% et de 39,32±13,07% et de 40,67±33,14% et de de 34,23±29,07%.

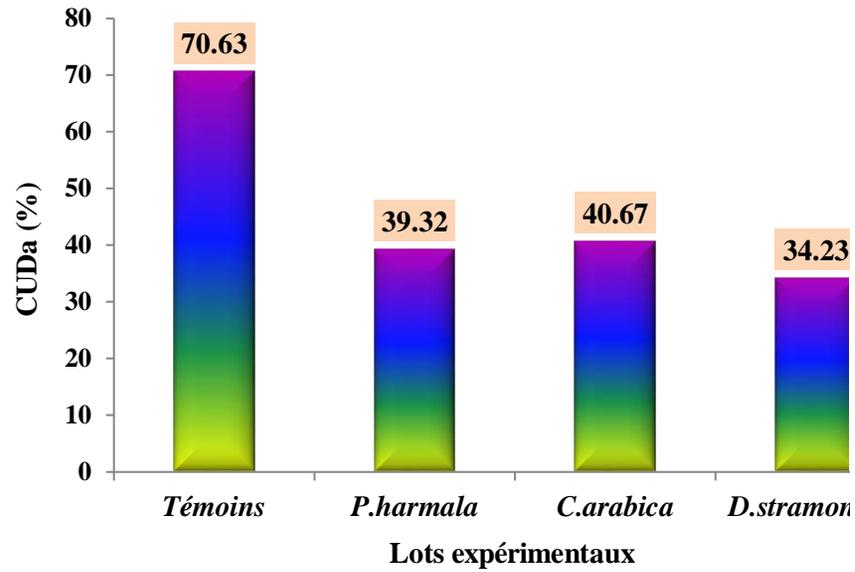


Figure 33.- Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDA) chez les larves L₅ de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

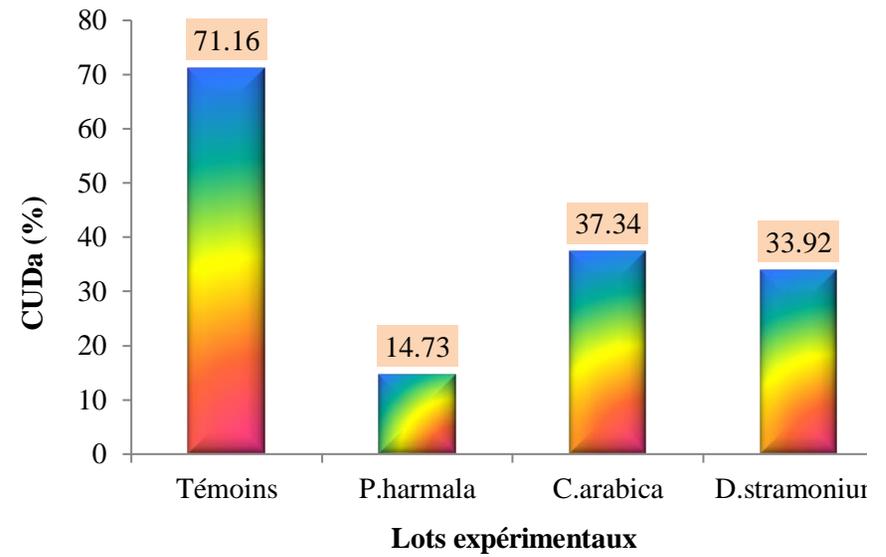


Figure 34.- Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDA) chez les larves L₅ mâles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

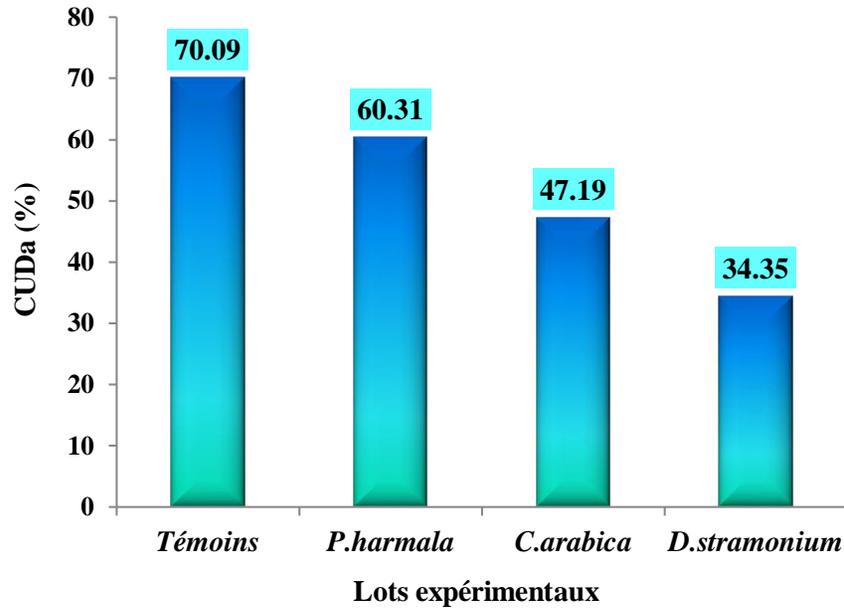


Figure 35.- Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDA) chez les larves L₅ femelles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

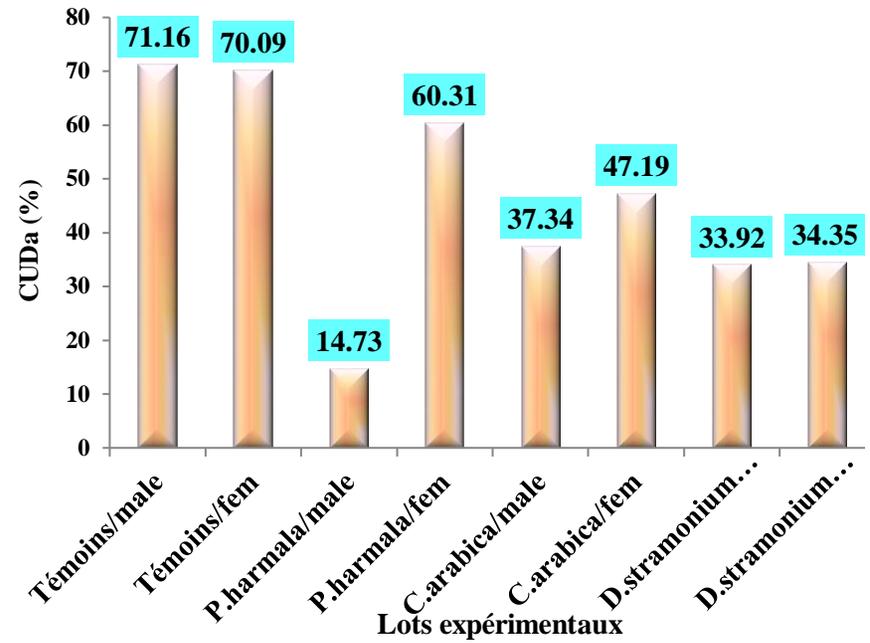


Figure 36.- Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDA) chez les larves L₅ mâles et femelles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

Par ailleurs, la valeur moyenne de coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) chez les imagos de *S.gregaria* témoins est de $91,50 \pm 2,05\%$, elle est de $88,67 \pm 16,70\%$ pour les mâles et de $91,19 \pm 2,17\%$ pour les femelles. Les imagos traitées avec l'huile de graines de *P.harmala* présente une moyenne de coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) de $85,37 \pm 5,51\%$, bien qu'elle varie selon le sexe ; elle est de $86,94 \pm 7,24\%$ chez les mâles et de $83,47 \pm 8,49\%$ chez les femelles. De même, la valeur moyenne de coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) estimée chez les imagos traitées par l'huile de graines de *C.arabica* est plus basse à celle d'huile de graines de *P.harmala* elle est de $81,74 \pm 5,90\%$, la moyenne des mâles est supérieure à celle des femelles, elles sont respectivement de $83,08 \pm 7,08\%$ et de $80,46 \pm 8,41\%$. En outre, la moyenne de coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) la plus faible parmi les trois huiles végétales est enregistrée chez les imagos traitées à l'huile de graines de *D.stramonium* avec une moyenne de $43,00 \pm 27,51\%$, variable selon le sexe, elle est de $57,93 \pm 37,06\%$ chez les mâles et $39,88 \pm 34,07\%$ chez les femelles (figures 37, 38, 39, 40).

Il a été constaté que l'huile de graines de *D.stramonium* affecte profondément l'activité digestive des larves L₅ et des imagos de *S.gregaria* comparativement aux deux huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica*. Par ailleurs, l'huile de graines de *P.harmala* a un impact plus important que l'huile de graines de *C.arabica* sur la digestion des larves L₅ de *S.gregaria*. Par contre, la digestion des imagos de *S.gregaria* est affectée par l'huile de graines de *C.arabica* plus que l'huile de graines de *P.harmala* (figures 33, 37). En outre, il apparaît que les huiles végétales testées affectent la digestion chez les larves L₅ mâles de *S.gregaria* plus que les larves L₅ femelles (figure 36). En revanche, il semble que les imagos femelles de *S.gregaria* soient plus affectées par les huiles végétales testées que les imagos mâles (figure 40). Pour les larves L₅ mâles de *S.gregaria*, il semble que l'huile de graines de *P.harmala* affecte le plus la digestion, suivie de l'huile de graines de *D.stramonium* et ensuite celle de *C.arabica* (figure 34). Cependant, l'huile de graines qui affecte d'avantage la digestion chez les larves L₅ femelles est celle de *D.stramonium*, puis celle de *C.arabica* puis l'huile de graines de *P.harmala* (figure 35). D'autre part, l'huile de graines qui affecte le plus la digestion chez les imagos mâles et femelles de *S.gregaria* est celle de *D.stramonium*, suivie par l'huile de graines de *C.arabica*, et enfin celle de *P.harmala* (figures 38, 39). Il ressort du (tableau 9) qui présente les valeurs moyennes de coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) des imagos traitées et témoins de *S.gregaria*, que le groupe A contient les individus témoins et le groupe B contient les individus traités avec les deux huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et le groupe C contient les individus traités avec l'huile de graines de *D.stramonium*, indiquant que la valeur moyenne CUDA des imagos témoins de $91,50 \pm 2,05\%$ est significativement supérieure aux valeurs moyennes de CUDA des imagos traitées avec les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium* qui sont de $85,37 \pm 5,51\%$ et de $81,74 \pm 5,90\%$ et de $43,00 \pm 27,51\%$ respectivement. De plus, les valeurs moyennes de CUDA calculées chez les imagos traitées avec les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* sont significativement supérieures à la valeur moyenne de CUDA calculées chez les imagos traitées avec l'huile de graines de *D.stramonium*.

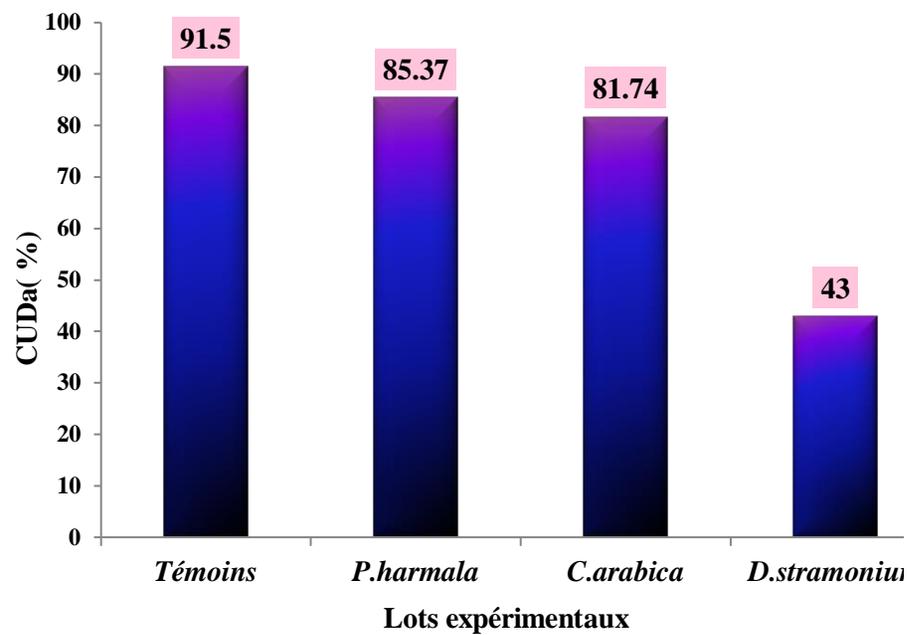


Figure 37.- Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDA) chez les imagos de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

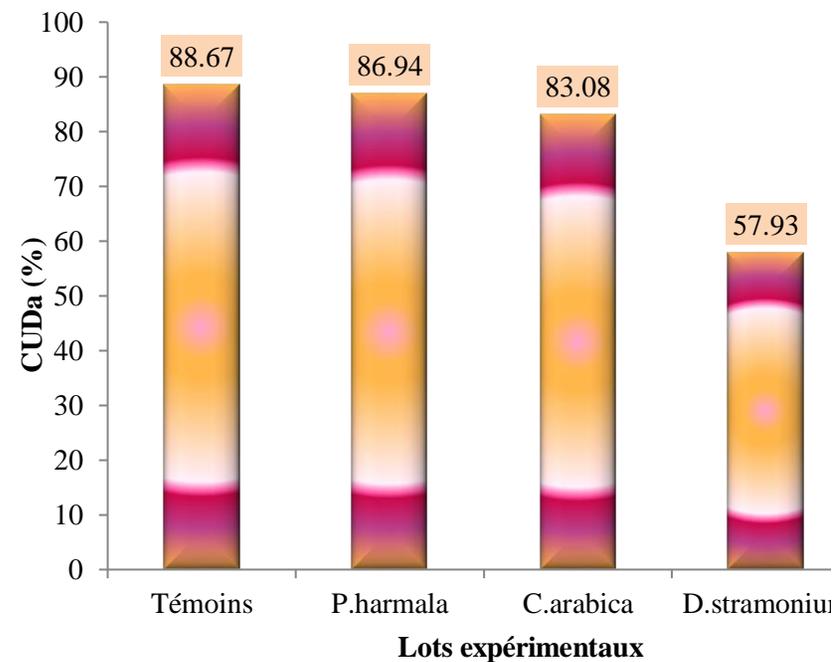


Figure 38.- Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDA) chez les imagos mâles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

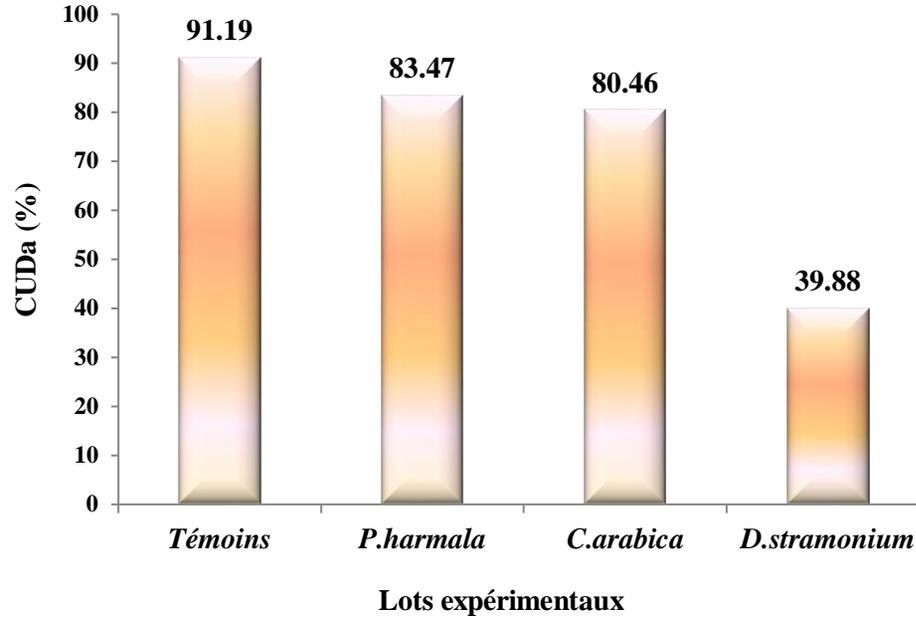


Figure 39.- Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDA) chez les imagos femelles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

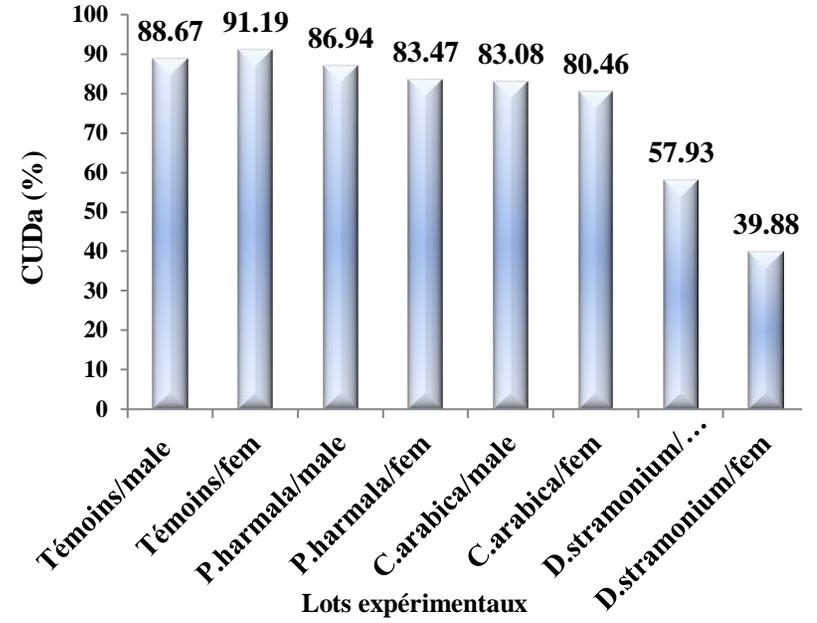


Figure 40.- Coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDA) chez les imagos mâles et femelles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

D'après Lecoq (1988) les substances d'origine végétale caractérisées par leurs effets acridicides, acridifuges ou antiappétantes peuvent causer des altérations irréversibles chez l'insecte. Les alcaloïdes indoliques (β carbolines) de *Peganum harmala* peuvent affecter le système nerveux central, entraînant un manque de tonus nerveux qui se manifeste par une distension intestinale (Bruneton, 1987). De plus, l'extrait de feuilles de *Peganum harmala* contient des alcaloïdes indoliques tels que l'harmine et l'harmaline, qui ont des propriétés neurotoxiques (Fuentes et Longo, 1970 ; El Bahri et Chemli, 1991 ; Grella et al., 1998). D'après Moretau (1991) les substances toxiques peuvent avoir un impact sur le système nerveux et par conséquent engendre un dysfonctionnement endocrinien des organes. Il est reconnu que le contrôle du métabolisme hydrique chez les criquets repose sur le système neuroendocrinien à travers les cellules ganglionnaires qui produisent des hormones diurétiques sous œsophagien influencent sur le tube de Malpighi afin de sécréter l'urine primaire, le système hydrique est également régulé par des facteurs antidiurétiques d'origine cérébrale avantageant la réabsorption de l'eau du bol alimentaire dans le rectum (Proux, 1991). L'activité biologique observée chez *Euphyllura olivina* (Costa, 1839) (Hemiptera- Psyllidae) est probablement le résultat d'alcaloïdes indoliques du type β -carboline présents dans les extraits de graines de *Peganum harmala* (Wagner et Bladt, 1996), qui ont le potentiel de provoquer une toxicité intestinale (Abbassi et al., 2003a ; Abbassi et al., 2003b). Abbassi et al. (2004) a aussi mis en exergue que l'extrait alcaloïdique mis en solution d'éthanol de *Calotropis procerea* Aiton. (Apocynaceae) génère chez les larves de *S.gregaria* avant leur mort des troubles physiologiques sévères qui se traduisent par une perte excessive d'eau, des troubles d'équilibres, et des mouvements convulsifs.

Dans la présente étude, il est raisonnable de supposer que les composants métaboliques secondaires des huiles végétales testées affectent le système neuroendocrinien intestinal et par conséquent provoquent une dérégulation du système hydrique qui perturbe le mécanisme de régulation de la réabsorption d'eau, qui se manifeste sur les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* traitées par l'apparition d'excréments liquéfiés.

Par ailleurs, les voies métaboliques chez les invertébrés sont assez similaires à celles décrites chez les mammifères. Il existe deux types de réactions classiques : - les réactions d'hydrolyse et d'oxydation de la phase I, également appelées réactions de fonctionnalisation, impliquent l'activation et/ou la transformation de molécules exogènes en composés plus polaires. L'implication de groupes fonctionnels augmente la solubilité dans l'eau et permet soit l'accumulation dans les tissus moins sensibles, soit l'excrétion. Les enzymes impliquées dans la phase II pourraient être responsables de ces produits métaboliques dérivés de xénobiotiques ; les réactions de phase II, également appelées réactions de conjugaison, qui permettent la conjonction des groupements fonctionnels ainsi introduits ou des groupements préexistants, avec des produits endogènes fortement hydrophiles (glycosides, glutathion, ou acides aminés), favorisant l'excrétion (Haubruge et Amichot, 1998). L'épithélium du mésentéron a plusieurs fonctions dont : la sécrétion,

l'absorption, l'excrétion (Grassé, 1976).

En plus, les individus de *S. gregaria* alimenté sur la plante *Peganum harmala* présentent des symptômes particuliers de toxicité intestinale, prouvés par l'apparition d'altérations localisées dans les cellules épithéliales du mésentéron. Les examens histologiques ont montré qu'il existait des anomalies au niveau de l'intestin moyen telles que la réduction de la musculature circulaire externe conduisant à un relâchement de l'intestin, une atrophie de la muqueuse intestinale qui présente avec un épithélium strié réduit chez les individus traités. L'épithélium mésentéral des individus traités présente un aspect granuleux, une bordure en brosse altérée et des signes typiques de nécrose cellulaire (Idrissi Hassani et Hermas, 2008). kemassi et *al.*, (2018) ont noter les mêmes symptômes d'intoxications intestinale sur des individus du Criquet pèlerin nourris par des feuilles de chou traitées aux extraits foliaires de *C. arabica*. De même, Aissaoui (2014) ajoute que les deux extraits de *P.harmala* et de *N.oleander* altèrent les cellules épithéliales et endommageant la musculature de l'intestin. En plus, Ammar et N'cir (2008) ont observé les mêmes anomalies dans l'intestin moyen des larves de *S.gregaria* nourries avec un régime artificiel contenant 2% de la poudre foliaire de *Cestrum parquii* Lam. (Solanaceae) (Plante de la même famille que *D.stramonium*). Plusieurs études ont obtenu les mêmes constatations chez les individus de *S.gregaria* traitées avec divers extraits végétatifs (Mordue, 1993 ; Miladi et *al.*, 2019 ; Hamadi et *al.*, 2021).

Au vue de ces résultats, les faibles valeurs moyennes du coefficient d'utilisation digestive (CUDA) rapportées dans cette étude pourraient être dues aux effets toxiques des métabolites secondaires (contenus dans les huiles végétales testées) sur le tube digestif des larves L₅ et imagos de *S.gregaria* traitées, qui sont susceptibles d'avoir des effets néfastes sur le métabolisme hydrique et de provoquer des altérations et des lésions au niveau du mésentéron, et par conséquent affectant la capacité d'assimilation et d'absorption des aliments nutritifs chez l'insecte.

D'autres études ont été menées pour déterminer l'impact des extraits de diverses plantes sur la capacité digestive du criquet pèlerin (Kemassi, 2008, 2014 ; Ould Ahmedou et *al.*, 2001; Lebbouz, 2010 ; Bouhas-Boubekka, 2011; Bouziane, 2012 ; Ben Hassan, 2014 ; Kemassi et *al.* 2018).

Kemassi et *al.*, (2018) notent une diminution des valeurs de CUDA chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* nourries par des feuilles de chou traitées par différents extraits de *C.arabica*. Pour L'extrait alcaloïdique les valeurs de (CUDA) chez les larves L₅ et imagos sont respectivement de l'ordre de 25,81±7,45% et de 32,41±7,87%. Alors que, pour l'extrait acétonique les valeurs de CUDA étaient de l'ordre de 38,60±6,91% chez les larves L₅ et de l'ordre de 38,90±3,21% chez les imagos. Lebbouz (2010) à constaté une baisse de valeurs moyennes de coefficient d'utilisation digestif CUDA chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* nourris sur des feuilles de chou aspergées par l'extrait foliaires brut de *Cleome arabica*, ces valeurs sont respectivement de l'ordre de 68,80% et de 87,70%. Bouziane (2012) à noté une diminution des valeurs moyennes de coefficient d'utilisation digestif CUDA chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* alimentés avec des feuilles de chou traitées par les extraits alcaloïdique et aqueux de *Peganum harmala*. Pour l'extrait

alcaloïdique, les valeurs moyennes de CUDa enregistrés chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* sont respectivement de l'ordre de 79,97%±8,89 et de 83,10%±11,58. Alors que, l'extrait aqueux à obtenu des valeurs moyennes de CUDa de l'ordre de 76,94%±12,54 chez les larves L₅ et de 60,87%±17,90 chez les imagos.

Selon Kemassi (2008) les extraits foliaires de *Peganum harmala* et *Cleome arabica* exercent un effet néfaste sur la digestion qui se traduit par la diminution des valeurs moyennes de CUDa enregistrés chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria*. Les larves L₅ et imagos traitées par les extraits foliaires de *P.harmala* ont enregistré des valeurs de CUDa de l'ordre de 66,61 ± 12,45 et de 66,50 ± 03,04 respectivement. Tandis que les valeurs de CUDa obtenu chez les larves L₅ et imagos traitées avec Les extraits foliaires de *Cleome arabica* sont respectivement de l'ordre de 68,03 ± 03,39% et de 54,13 ± 07,70 chez les imagos. Kemassi (2014) à observé des valeurs moyennes faibles de CUDa chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* nourris sur des feuilles de chou traitées par les extraits alcaloïdiques d'*E.guyoniana*, de *C.arabica* et de *Capparis spinosa* L. (Capparaceae). Elles sont de l'ordre de 18,19±6,53%, 25,81±7,45% et 35,09±5,32% respectivement chez les larves L₅. De même, la valeur calculée de CUDa chez les imagos nourris avec des feuilles traitées par l'extrait alcaloïdique d'*E.guyoniana* est de l'ordre de 24,97±6,32%. En plus, la valeur de CUDa obtenu pour l'extrait alcaloïdique de *C. arabica* est de l'ordre de 32,41±7,87%. Alors que, la valeur de CUDa est de l'ordre de 37,60±8,09% pour l'extrait alcaloïdique de *C. spinosa*.

D'après Bouhas-Boubekka (2011) la pulvérisation d'une solution aqueuse de *Datura innoxia* (plante du même genre que *Datura stramonium*) sur l'alimentation des larves L₅ et imagos de *S.gregaria* à obtenu des faibles valeurs moyennes de CUD. Les valeurs estimées de CUD chez les larves L₅ traitées à l'extrait aqueux de *Datura innoxia* aux dosages D₁ (5%), D₂ (10%) et D₃ (20%) sont de l'ordre de 69,04%, 54,09% et de 51,14% respectivement. Cependant, les valeurs de CUD calculées chez les imagos alimentés par une nourriture traitée avec le même extrait aqueux sont de l'ordre de 58,25% pour les doses D₁ et D₂, et de l'ordre de 51,75% pour la dose D₃.

Ben Hassan (2014) signale que les imagos de *S.gregaria* traitées avec les extraits d'*Artemisia judaica* L. (Asteraceae) et *Calotropis procera* W.T. (Apocynaceae) ont de faibles valeurs de CUD qui sont respectivement de l'ordre de 75,68% et de 69,41%. Selon Ould Ahmedou et al., (2001) les larves L₄ de *S.gregaria* alimenté avec *Glinus lotoides* présentent des faibles valeurs de coefficient d'utilisation digestive (CUDa).

II.2.5. Effet des huiles végétales lourdes sur la capacité de conversion digestive

L'évaluation de la capacité de conversion digestive permis de déterminer la qualité des nutriments ingérés et la productivité de l'insecte. Dans la présente étude, la capacité de conversion digestive des larves L₅ et les imagos de *S.gregaria* traitées avec les huiles lourdes de graines de *C.arabica* et *P.harmala* et *D.stramonium* à été évaluée à partir des valeurs moyennes de coefficient de conversion digestif (CCD). Les valeurs moyennes de coefficient de conversion digestif (CCD)

calculées chez les larves L₅ et imagos (mâles et femelles) de *S.gregaria* témoins et traitées sont regroupées dans le tableau 10.

Tableau 10.- Valeurs moyennes de de coefficient de conversion digestif (CCD) estimés pour les larves L₅ et les imagos de *S. gregaria* témoins et traitées par les huiles de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

		(CCD)(%) chez les larves (L ₅)	(CCD)(%) chez les imagos
Lots expérimenta ux	Témoin	1,004±0,073 (A)	0,98±3,00 (A)
	<i>P.harmala</i>	-5,07±54,45 (A)	-0,29±3,67 (A)
	<i>C.arabica</i>	-5,63±9,62 (A)	-0,99±10,87 (A)
	<i>D.stramonium</i>	-3,08±1,18 (A)	-1,55±4,73 (A)

Les valeurs moyennes calculées de coefficient de conversion digestif (CCD) dans les lots traités sont inférieures aux valeurs estimées dans les lots témoins (figures 41, 45). On a noté chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* traitées des coefficients de conversion digestif (CCD) très variables en fonction d'huile végétale pure injectée et le stade de développement et du sexe de l'insecte (figures 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48). Cette variabilité est la conséquence des perturbations de poids provoquées par l'effet anti-appétant spécifique à chaque huile végétale. Il est essentiel de noter qu'il se manifeste sur quelques individus traités avec ces huiles végétales un arrêt complet de la consommation qui dure plusieurs jours avant leurs morts ceci influence également la variabilité du coefficient de conversion digestif (CCD) constaté chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria*. Les valeurs moyennes faibles et négatives de coefficient de conversion digestif (CCD) s'expliquent par les pertes de poids importantes chez les larves L₅ et imagos traitées causée par les effets néfastes de ces huiles végétales sur la digestion de l'insecte.

La valeur moyenne de coefficient de conversion digestif (CCD) rapportée chez les larves L₅ de *S.gregaria* témoins était de 1,004±0,073%. Alors que les valeurs moyennes de coefficient de conversion digestif (CCD) évaluées chez les larves L₅ traitées par les huiles de graines de trois plantes dont *C.arabica* et *P.harmala* et *D.stramonium* sont respectivement de l'ordre de -5,63±9,62% et de -5,07±54,45% et de -3,08±1,18%. Il semble que l'huile de graines qui affecte le plus la capacité de conversion digestive des larves L₅ de *S.gregaria* soit celle de de *C.arabica* suivie par l'huile de graines de *P.harmala*, puis l'huile de graines de *D.stramonium* (figure 41). Le (tableau 9) montre pour les résultats des valeurs moyennes de coefficient de conversion digestif (CCD) calculées chez les larves L₅ de *S.gregaria*, que le groupe A contient les larves L₅ témoins et traitées, ceci induit qu'il n'y a pas une différence significative entre les valeurs moyennes de (CCD)

des larves L₅ témoins et celles traitées avec les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*. Cependant, il a été observé chez les larves L₅ traitées avec l'huile de graines de *C.arabica* que la capacité de conversion digestive des mâles est affectée plus que les femelles, vu les valeurs moyennes de coefficient de conversion digestif (CCD) enregistrées chez les mâles et les femelles qui sont de l'ordre de $-8,92 \pm 14,67\%$ et $-3,11 \pm 11,13\%$ respectivement. En plus, le coefficient de conversion digestif (CCD) calculé pour les larves L₅ traitées par l'huile de graines de *P.harmala* est de $14,46 \pm 90,45\%$ pour les mâles et de $-21,61 \pm 35,18\%$ pour les femelles, ceci induit que l'huile de graines de *P.harmala* affecte la conversion digestive chez les femelles plus que les mâles. Par ailleurs, la conversion digestive des larves L₅ traitées par l'huile de graines de *D.stramonium* est affectée chez les mâles plus que les femelles, avec des valeurs moyennes de coefficient de conversion digestif (CCD) de $-14,11 \pm 13,38\%$ et de $-2,55 \pm 22,53\%$ respectivement. Cependant, le coefficient de conversion digestif (CCD) estimé chez les larves L₅ mâles et femelles témoins sont de l'ordre de $-0,16 \pm 18,61\%$ et $2,36 \pm 11,02\%$ respectivement (figures 42, 43, 44). En outre, parmi les trois huiles végétales testées, l'huile de graines de *D.stramonium* s'est avérée affecter le plus la conversion digestive chez les larves L₅ mâles de *S.gregaria*, suivie par l'huile de graines de *C.arabica*, puis celle de *P.harmala* (figure 42). Alors que chez les larves L₅ femelles, l'huile de graines qui a plus d'effets néfastes sur le potentiel de conversion digestive est celle de *P.harmala*, ensuite celle de *C.arabica* et finalement celle de *D.stramonium* (figure 43). Par ailleurs, la capacité de conversion digestive des larves L₅ mâles de *S.gregaria* traitées avec les huiles de graines de *C.arabica* et *D.stramonium* est plus affectée que les femelles. Par contre, il semble que l'huile de graines de *P.harmala* soit plus nocive sur la capacité de conversion digestive des femelles par rapport aux mâles (figure 44).

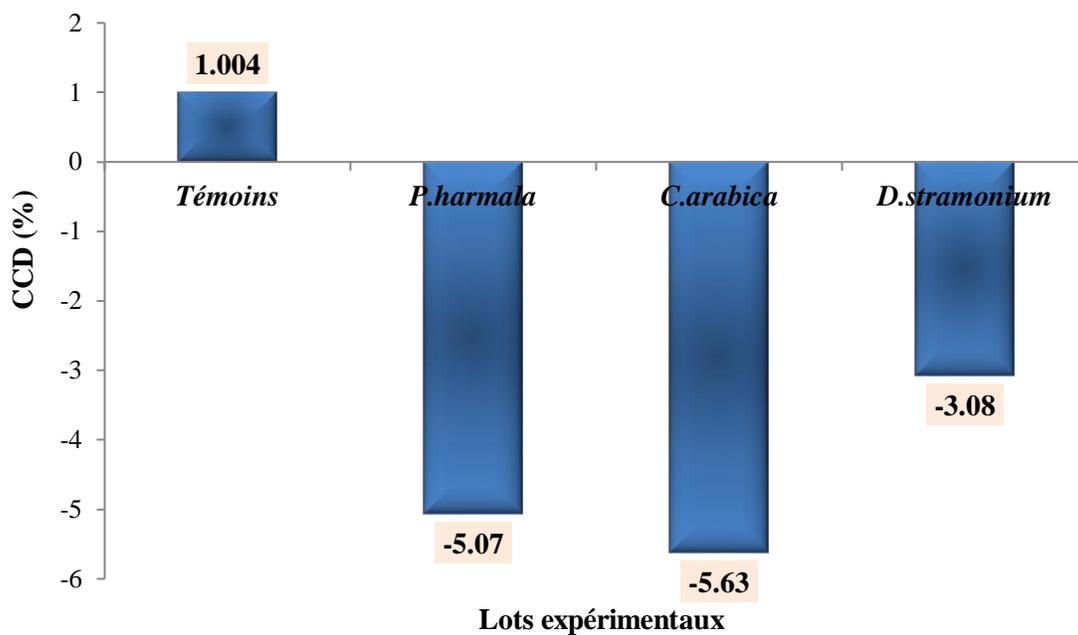


Figure 41.- Coefficients de conversion digestive (CCD) des larves L₅ de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

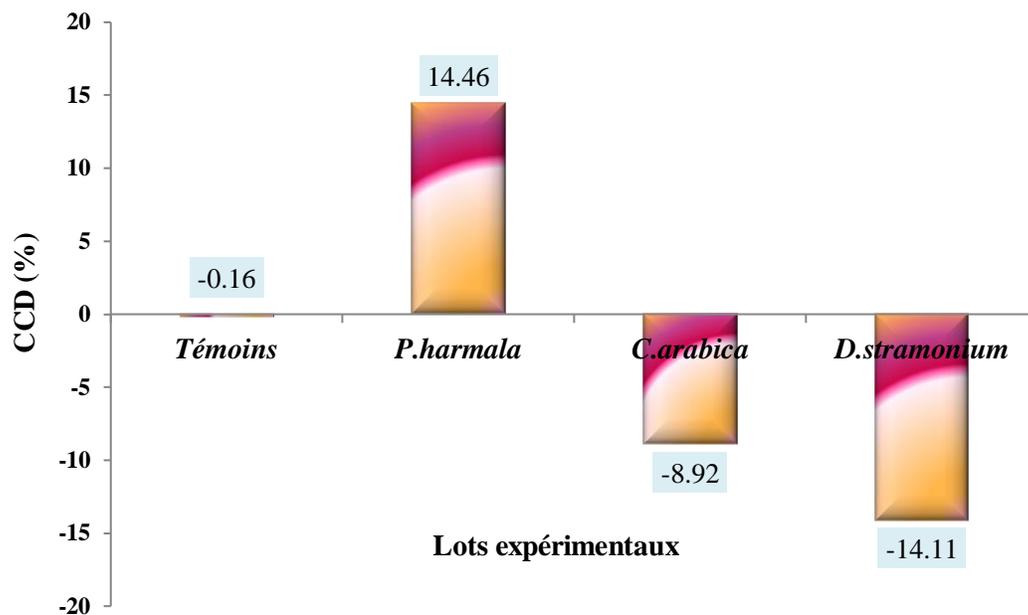


Figure 42.- Coefficients de conversion digestive (CCD) des larves L₅ mâles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

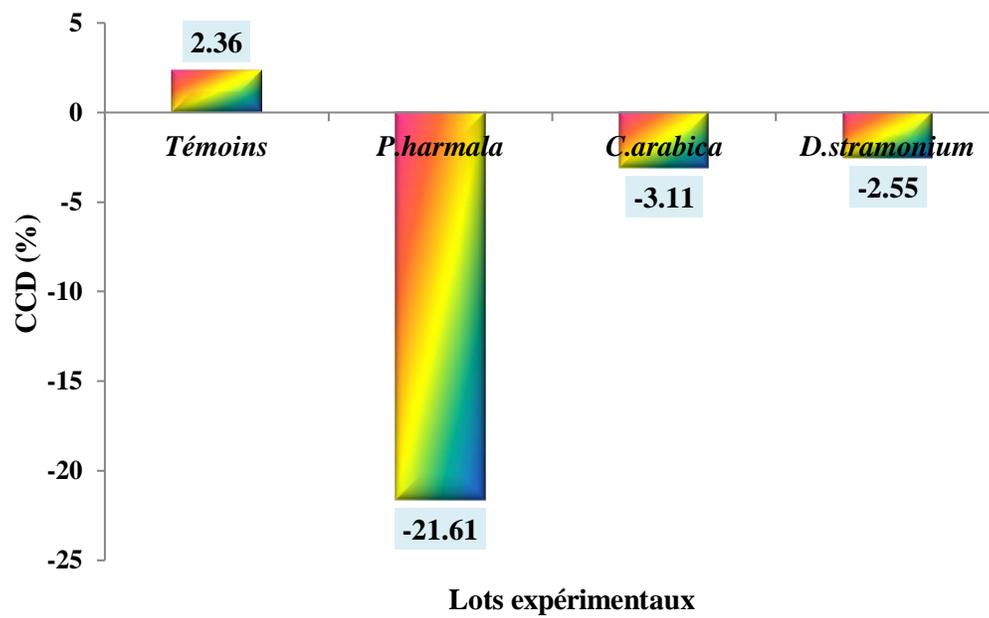


Figure 43.- Coefficients de conversion digestive (CCD) des larves L₅ femelles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

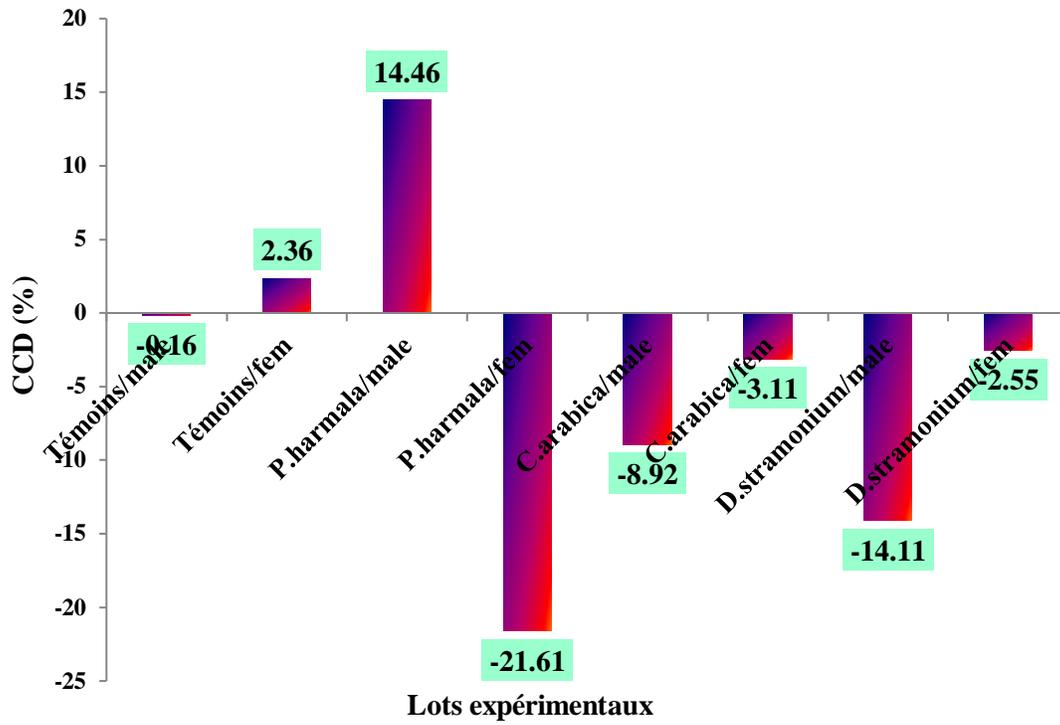


Figure 44.- Coefficients de conversion digestive (CCD) des larves L₅ mâles et femelles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

Par ailleurs, la valeur moyenne de coefficient de conversion digestif (CCD) estimée chez les imagos de *S.gregaria* témoins est de l'ordre de $0,98\pm 3,00\%$, les valeurs moyennes pour les mâles et les femelles étant de l'ordre de $0,82\pm 3,60\%$ et de $1,15\pm 2,80\%$ respectivement. Chez les imagos de *S.gregaria* la capacité de conversion digestive est plus affectée par l'huile de graines de *D.stramonium* suivie par l'huiles de graines de *C.arabica* puis l'huile de graines de *P.harmala*, avec des valeurs moyennes de coefficient de conversion digestif (CCD) de l'ordre de $-1,55\pm 4,73\%$ et $-0,99\pm 10,87\%$ et $-0,29\pm 3,67\%$ respectivement (figure 45). Le (tableau 9) indique pour les résultats de valeur moyenne de coefficient de conversion digestif (CCD) enregistrés chez les imagos de *S.gregaria*, que le groupe A contient les imagos témoins et traitées, ces résultats peuvent être interprétés par l'absence de différence significative entre les valeurs moyennes de (CCD) des imagos témoins et traités avec les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*.

Les valeurs moyennes de coefficient de conversion digestif (CCD) enregistrées chez les imagos traitées par les huiles de graines de *D.stramonium* et *C.arabica* et *P.harmala* sont respectivement de l'ordre de $-3,44\pm 8,62\%$ et de $2,61\pm 10,45\%$ et de $0,14\pm 5,09\%$ chez les mâles et de l'ordre de $0,53\pm 4,25\%$ et de $-4,81\pm 22,28\%$ et de $-0,70\pm 6,94\%$ respectivement chez les femelles. L'huile de graines qui affecte le plus la capacité de conversion digestive chez les imagos mâles de *S.gregaria* est celui de *D.stramonium*, puis l'huile de graines de *P.harmala* et en suite l'huile de graines de *C.arabica* (figure 46). Ainsi, nous trouvons chez les imagos femelles, que l'huile de graines de *C.arabica* affecte d'avantage le potentiel de conversion digestive, suivie par l'huile de graines de *P.harmala* et enfin par l'huile de graines de *D.stramonium* (figure 47). Par ailleurs, les deux huiles de graines de *C.arabica* et *P.harmala* exercent des effets néfastes sur la conversion digestive chez les imagos femelles plus que les mâles. En revanche, la fonction de conversion digestive chez les imagos mâles traitées par l'huile de graines de *D.stramonium* a été plus affectée que les femelles (figure 48).

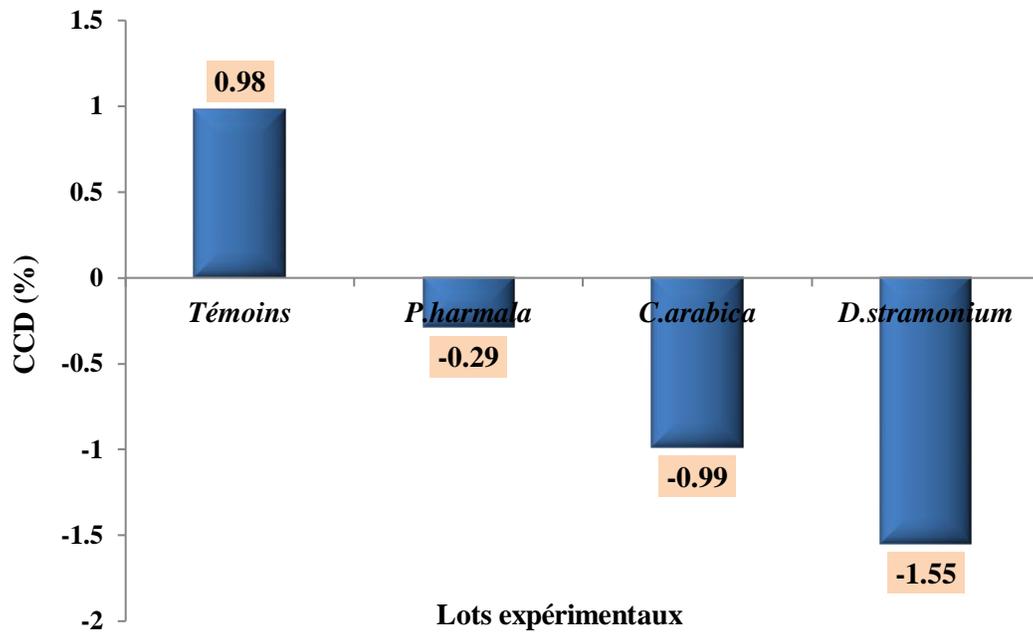


Figure 45.- Coefficients de conversion digestive (CCD) des imagos de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

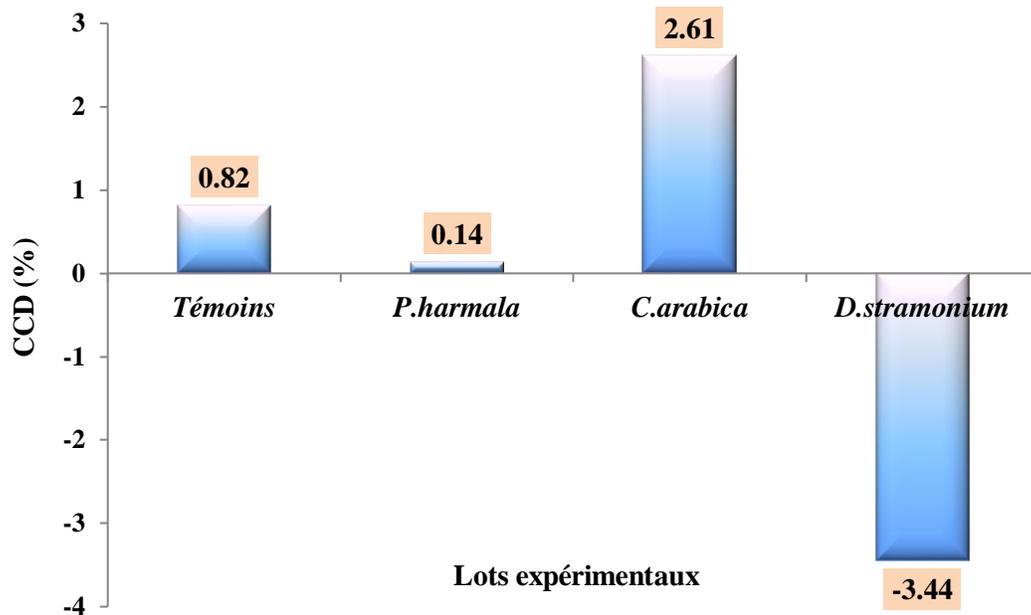


Figure 46.- Coefficients de conversion digestive (CCD) des imagos mâles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

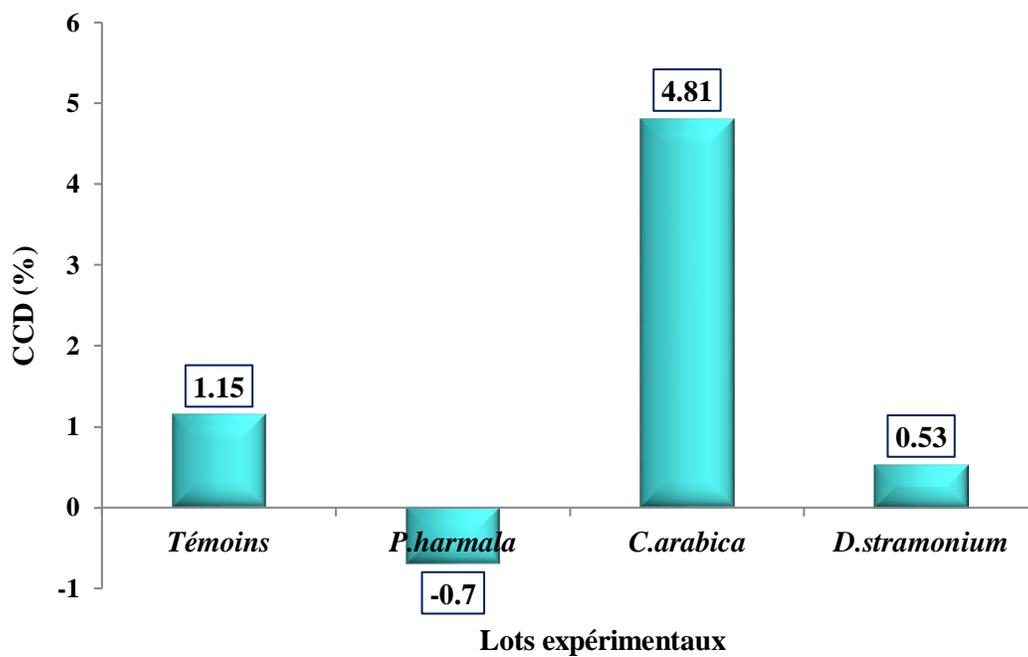


Figure 47.- Coefficients de conversion digestive (CCD) des imagos femelles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

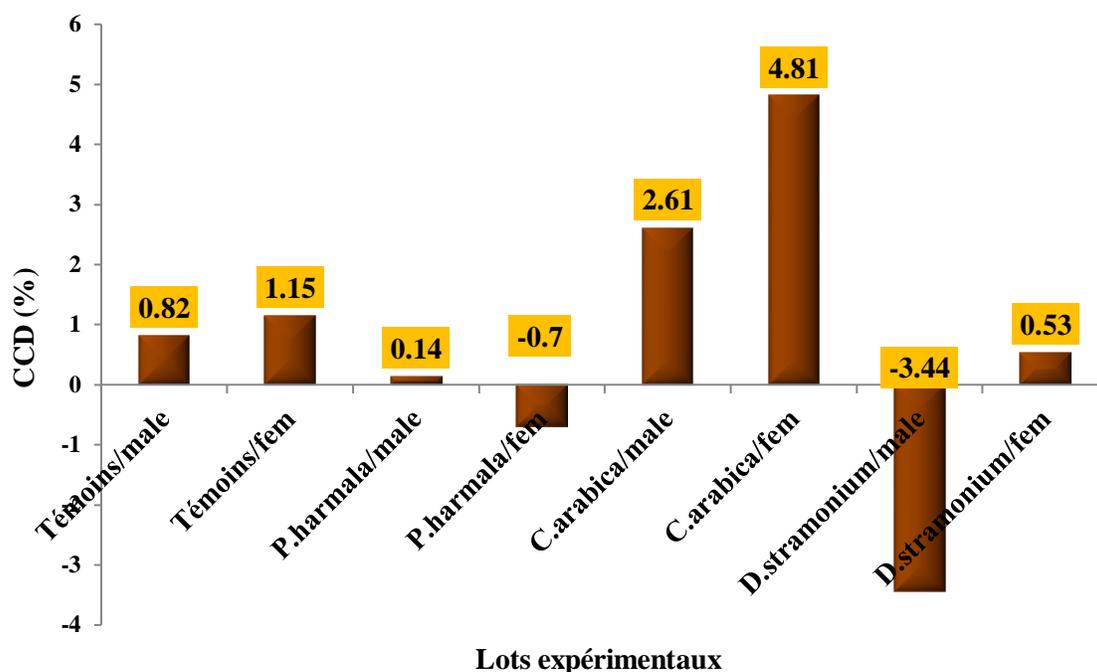


Figure 48.- Coefficients de conversion digestive (CCD) des imagos mâles et femelles de *S. gregaria* témoins et traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

Selon Suchail et *al.* (2003) dans la plupart des cas, quand une substance xénobiotique pénètre dans l'organisme, il tente de l'évacuer en transformant sa structure moléculaire afin de le remettre plus soluble et donc facilement excrétable. Raccaud-Schoeller (1980) rapportent qu'une telle hyperactivité peut être la cause de la chute du glucose dans le système circulatoire et peut éventuellement conduire à la mort de l'insecte. L'organisme utilise l'énergie générée par la conversion des aliments pour réaliser plusieurs processus biologiques, dont la respiration, la croissance de la biomasse et l'élimination des toxines produites par les plantes (Mong-Ngoc, 2010).

Dans la présente étude, il convient de souligner que l'élimination des métabolites secondaires introduits par injection buccale forcée des huiles végétales lourdes dans l'organisme des larves L₅ et imagos de *S.gregaria* peut conduire à une chute des glucides, entraînant une production moindre d'énergie, ce qui réduit le potentiel pour la conversion de la nourriture en biomasse chez l'insecte.

Cook (1977) estime que la pression osmotique de l'hémolymphe est un facteur important dans la régulation des quantités globales ingérées. Les métabolites secondaires ces des facteurs limitant le métabolisme des protéines chez les insectes (Ben Halima et *al.*, 1984; Simpson, 1982). Selon Moussa (2003) l'application par ingestion ou par contact d'huile d'*Azadirachta indica* provoque

une diminution des protéines hémolympathiques chez les larves L₅ de *Locusta migratoria*.

À l'appui de ces résultats, il est possible d'expliquer les valeurs négatives et faibles de coefficient de conversion digestive (CCD) estimées chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* traitées, probablement par les effets néfastes des métabolites secondaires (présents dans les huiles végétales testées) sur la physiologie de l'insecte, qui peuvent inhiber la synthèse des protéines hémolympathiques et réduire les glucides, ce qui influence négativement le gain du poids et par conséquent la capacité de conversion digestive chez l'insecte. Peu d'études ont été réalisées pour évaluer les effets des extraits des végétaux sur le coefficient de conversion digestive (CCD) chez le criquet pèlerin. Kemassi (2014) a noté des valeurs négatives et faibles du coefficient de conversion digestive (CCD) chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* alimentés avec des feuilles de chou traitées par les extraits foliaires aqueux de trois plantes acridifuges dont d'*E.guyoniana*, *C.arabica* et *C.spinosa*. Les valeurs de (CCD) estimées chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* nourries avec des feuilles de chou traitées avec l'extrait foliaire aqueux de *E.guyoniana* sont respectivement de l'ordre de $-12,01 \pm 4,21\%$ et de $-14,55 \pm 3,65\%$. Tandis que, chez les larves L₅ et imagos alimentés avec des feuilles de chou imprégnées par l'extrait foliaire aqueux de *C.arabica*, les valeurs de CCD étaient respectivement de l'ordre de $-7,45 \pm 2,51\%$ et de $1,26 \pm 0,02\%$. Chez les individus de *S.gregaria* nourris par des feuilles de chou aspergées avec l'extrait foliaire aqueux de *C.spinosa*, les valeurs du coefficient de conversion digestive rapportées sont de $-6,75 \pm 1,09\%$ chez les larves L₅ et de $1,32 \pm 0,08\%$ chez les imagos.

II.2.6. Effet des huiles végétales sur l'indice de consommation (IC)

Il est admis communément que le gain du poids dépend de la capacité des insectes à convertir la nourriture consommée en biomasse.

Dans la présente étude, l'indice de consommation (IC) a été calculé pour évaluer l'effet des huiles végétales lourdes testées sur la capacité des larves L₅ et les imagos de *S.gregaria* à convertir les aliments en tissus de croissance. Les moyennes de l'indice de consommation évaluées chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* témoins et traitées par les huiles lourdes de graines de trois espèces végétales acridifuges sont présentées dans le tableau 11.

Tableau 11.- Valeurs moyennes de l'indice de consommation (IC) estimés pour les larves L₅ et les imagos de *S. gregaria* témoins et traités par les huiles de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

Lots expérimentaux	Témoin	(IC)	(IC)
		chez les larves (L ₅)	chez les imagos
		15,74±3,51 (A)	59,97±11,09 (A)
	<i>P.harmala</i>	6,74±4,45 (B)	37,73±34,86 (B)
	<i>C.arabica</i>	9,44±11,49 (B)	7,53±84,38 (B)
	<i>D.stramonium</i>	3,82±2,45 (B)	-1,71± 39,99 (B)

Il est important de noter d'une part que l'indice de consommation estimé pour les larves L₅ et imagos témoins de *S.gregaria* est plus élevé à l'indice de consommation calculé pour les lots traités. Et d'autre part qu'il existe une variabilité significative d'indice de consommation entre les différents lots traités selon l'huile de graines utilisée et le stade de développement de l'insecte (figures 49, 50).

Les moyennes d'indice de consommation calculé chez les larves L₅ de *S.gregaria* traités par les huiles lourdes de graines de *C.arabica* et *P.harmala* et *D.stramonium* sont respectivement de l'ordre de 9,44±11,49 et 6,74±4,45 et de 3,82±2,45. L'indice de consommation le plus faible enregistré chez les larves L₅ est celui de l'huile de graines de *D.stramonium* suivi par l'huile de graines de *P.harmala* et ensuite celui de *C.arabica*, ces valeurs d'indice de consommation sont nettement plus faibles à la valeur moyenne d'indice de consommation évalué chez les larves L₅ témoins qui ont enregistré un indice de consommation de 15,74±3,51 (figure 49). Il ressort du (tableau 11) pour les résultats des valeurs moyennes de l'indice de consommation (IC) des larves L₅ témoins et traités que le groupe A contient les individus témoins alors que le groupe B contient les individus traités, ceci indique que la valeur moyenne d'indice de consommation (IC) calculé chez les larves L₅ témoins de 15,74±3,51 est significativement supérieurs aux valeurs d'indice de consommation enregistrées chez les larves L₅ traités par les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium* qui sont respectivement de 6,74±4,45 et de 9,44±11,49 et de 3,82±2,45.

Par ailleurs, chez les imagos de *S.gregaria* l'indice de consommation le plus bas est noté chez les imagos traités à l'huile de graines de *D.stramonium* avec -1,71± 39,99, puis celui d'huile de graines de *C.arabica* avec 7,53±84,38, et enfin celui d'huile de graines de *P.harmala*, il est de 37,73±34,86

(figure 50). La valeur d'indice de consommation négative obtenue chez les imagos traités avec l'huile de graines de *D.stramonium* peut s'expliquer par les pertes de poids importantes chez les individus traités. Cependant, l'indice de consommation moyen calculé chez les imagos de *S.gregaria* témoins est de $59,97 \pm 11,09$. Les valeurs moyennes d'indice de consommation calculées chez les imagos de *S.gregaria* traitées avec ces huiles végétales est plus faibles comparativement à la valeur moyenne d'indice de consommation évaluée chez les imagos témoins. À partir du (tableau 11) qui regroupe les résultats des valeurs moyennes d'indice de consommation (IC) calculé chez les imagos de *S.gregaria*, on peut dire que le groupe A contient les individus témoins et le groupe B contient les individus traités par les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium*, ceci induit qu'il existe une différence significative entre la valeur moyenne d'indice de consommation (IC) enregistré chez les imagos de *S.gregaria* témoins de $59,97 \pm 11,09$ et les valeurs moyennes d'indice de consommation (IC) obtenu chez les imagos traitées avec les huiles de graines de *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium* qui sont respectivement de $37,73 \pm 34,86$ et de $7,53 \pm 84,38$ et de $-1,71 \pm 39,99$ respectivement.

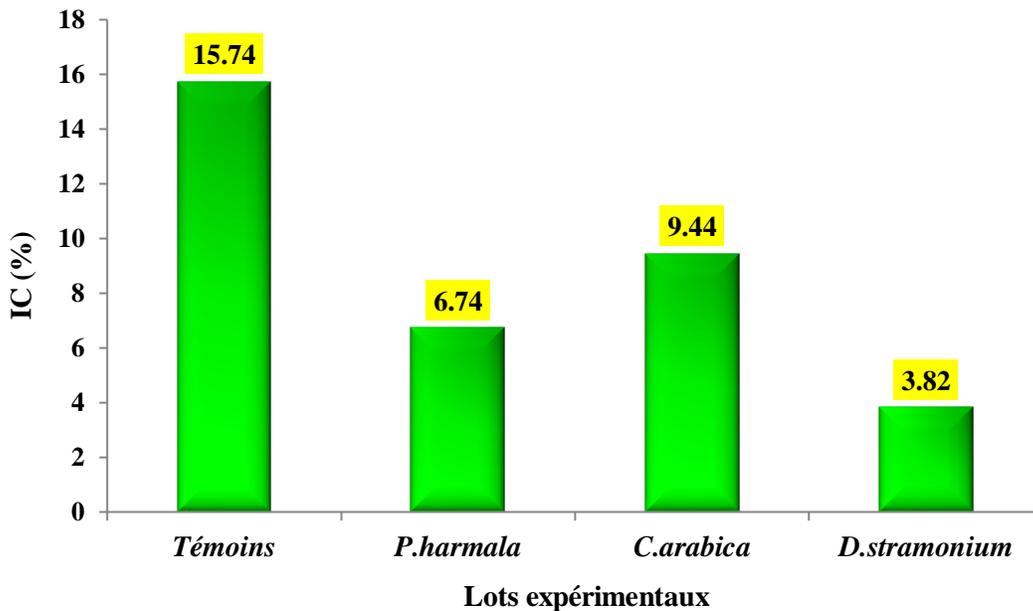


Figure 49.- Valeurs moyennes de l'indice de consommation évalué chez les larves L₅ de *S. gregaria* témoins et traitées par les huiles de graines de de *P. harmala* et *C. arabica* et *D. stramonium*

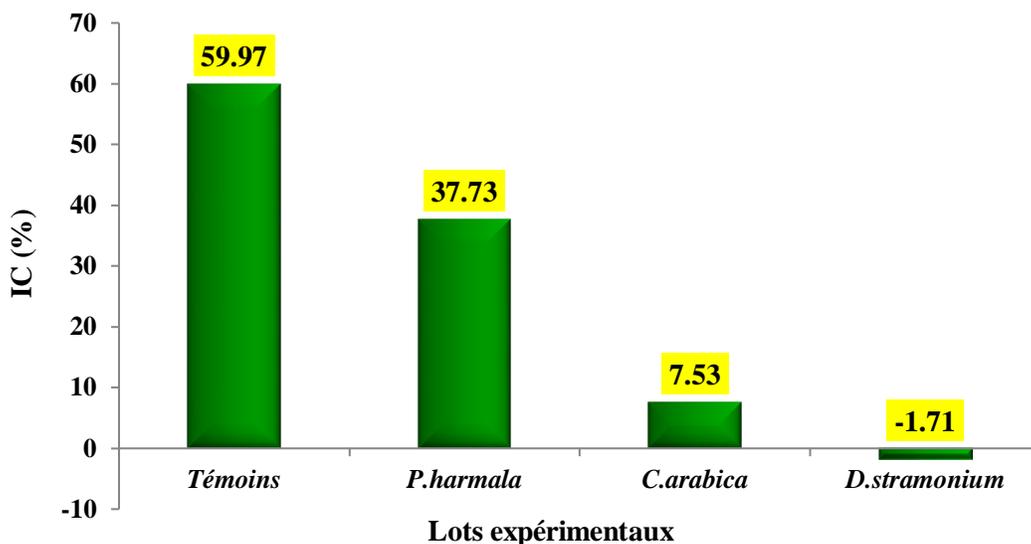


Figure 50.- Valeurs moyennes de l'indice de consommation évalué chez les imagos de *S. gregaria* témoins et traitées par les huiles de graines de *P. harmala* et *C.arabica* et *D. stramonium*

Dans la présente étude, les faibles valeurs de l'indice de consommation calculées chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* reflètent l'effet anti-appétant de ces huiles végétales sur l'insecte qui se traduit par une faible consommation alimentaire et une perte ou un gain de poids minime. On a constaté que les larves L₅ et imagos traitées présentent des moyennes de coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDA) et de coefficient de conversion digestif (CCD) plus basse comparativement aux témoins, ceci induit que ces huiles végétales exercent un effet néfaste sur la digestion qui se manifeste par des difficultés d'absorption et d'assimilation des aliments ainsi que sur la capacité de conversion digestive, ceci influence négativement sur le gain de poids et conduit par conséquent à des faibles valeurs de l'indice de consommation.

Kemassi (2008) a noté des valeurs faibles et négatives pour l'indice de consommation (IC) chez les larves L₅ et les imagos de *S.gregaria* nourris avec des fragments de chou pulvérisés avec des extraits de *Cleome arabica* et de *Peganum harmala* et *Citrullus colocynthis*, qui sont respectivement de l'ordre de -38,80 et de 3,38 et de -26,98 chez les larves L₅. Alors que la valeur de l'indice de consommation (IC) calculée chez les imagos nourris avec de chou traitées par l'extrait de *Cleome arabica* est de l'ordre de 36,26, tans dis que, pour l'extrait de *Peganum harmala* elle est de l'ordre de 29,66, et enfin pour l'extrait de *Citrullus colocynthis* elle est de l'ordre de 51,95.

D'après Bouhas-Boubekka (2011) les larves L₅ de *S.gregaria* nourries avec de la nourriture pulvérisée avec une solution foliaire aqueuse d'*Azadirachta indica* aux doses D₁ (5%), D₂ (10%) et D₃ (20%) ont des valeurs d'indice de consommation (IC) très proches à 0,12. De plus, les larves L₅

de *S.gregaria* nourries avec des aliments aspergées par une solution foliaire aqueuse de *Datura innoxia* ont obtenu des indices de consommation de 0,11 pour la dose D₁ et de 0,08 pour la dose D₂, alors que l'indice le moins faible est de l'ordre de 0,06 pour la forte dose D₃. Quoique, les indices de consommations enregistrés chez les imagos de *S.gregaria* nourris par une nourriture traitée avec l'extrait aqueux de feuilles d'*Azadirachta indica* aux concentrations 5%, 10% et 20% sont respectivement de 0,056 et 0,061 et 0,057. Tandis que pour la solution foliaire du *Datura innoxia*, l'indice de consommation pour la concentration de (5%) est de l'ordre de 0,054, alors que pour les deux concentrations (10%) et (20%), il est de l'ordre de 0,055.

Outtar (2009) à enregistré une diminution de d'indice de consommation (IC) chez les larves de *Locusta migratoria* traitées au *Lawsonia inermis* L. (Lythraceae), avec une valeur de l'ordre de 1,47.

Lamri (2015) à noté que les larves L₅ de *Locusta migratoria* alimenté sur le gazon aspergées par le *Bacillus thuringiensis* ont obtenu un indice de consommation faible comparativement aux témoins avec une valeur de l'ordre de 1,47.

Conclusion

Conclusion

L'étude de l'activité biologique comparative des huiles lourdes de graines de trois plantes acridifuges soit *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) et *Datura stramonium* L. (Solanaceae) sur quelques paramètres biologiques des larves L₅ et imagos de *S.gregaria*, à prouver les effets dissuasifs et le potentiel biocide de ces huiles végétales testées sur cet acridien du désert.

Les huiles végétales lourdes testées exercent un effet néfaste sur la prise de nourriture chez les larves L₅ et les imagos de *S. gregaria* traités, ce qui se traduit par les faibles quantités ingérées de feuilles de chou *Brassica oleracea* L. (Brassicaceae) chez cet acridien. L'huile de graines de *D.stramonium* affectant le plus la prise de nourriture chez les larves L₅ et imagos de *S.gregaria* suivie par l'huile de graines de *C.arabica*, puis de l'huile de graines de *P.harmala*.

Par ailleurs, chez les larves L₅ de *S.gregaria*, l'huile de graines qui inhibe le plus la progression du poids est celle de *D.stramonium* suivie par l'huile de graines de *C. arabica* et après celle de *P. harmala*. Malgré que, l'effet anti-appétant de l'huile de graines de *C.arabica* vis-à-vis les imagos de *S.gregaria* est plus notable à l'huile de graines de *P. harmala*, l'action de cette huile végétale de *C.arabica* sur la progression pondérale des imagos est moins perceptible que chez les traités par l'huile végétale de *P.harmala*, cette différence d'effet peut s'expliquer par les différents modes d'action des deux huiles sur la capacité des imagos à convertir les aliments ingérés en tissu et en masse ou probablement par l'effet néfaste important de l'huile de graines de *P.harmala* sur le métabolisme des aliments chez les imagos par rapport à l'huile de graines de *C.arabica*.

Les faibles valeurs du coefficient d'utilisation digestif apparent (CUDa) et du coefficient de conversion digestive (CCD) et de l'indice de consommation (IC) enregistrées chez les larves L₅ et les imagos de *S. gregaria* traitées induisent que ces huiles végétales lourdes provoquent des troubles digestives qui se manifestent par une défécation intense et par des matières fécales liquéfiées et des difficultés d'assimilation et d'absorption des aliments.

En outre, les huiles de graines de *P. harmala* et *C. arabica* et *D. stramonium* provoquent chez les larves L₅ et les imagos de *S. gregaria* traitées des pourcentages de mortalités différentes. Ces huiles végétales lourdes causent des difficultés de mue qui se manifestent par le prolongement du 5^{ème} stade larvaire ou l'apparition d'anomalies au niveau des ailes et les pattes lors de la mue imaginale, et parfois par un blocage de phénomène d'exuvie.

L'injection buccale forcée d'huile de graines de *P. harmala* chez les larves L₅ de *S. gregaria* engendre un taux de mortalité de 50%, le reste des larves L₅ survivantes présentent une mue retardée (9 jours plus tard) avec un pourcentage de 36,36% qui montrent des malformations au niveau des pattes et les ailes. Alors que, l'huile de graines de *C. arabica* engendre une action toxique plus importante vis-à-vis les larves L₅ que l'huile de graines de *P. harmala* avec un taux de mortalité de 63,63%, et un prolongement de la durée larvaire qui arrive à 12 jours, quelques larves L₅ (13,63%) survécus, présentent des anomalies morphologiques des pattes et des ailes. Autrement,

le taux de mortalité le plus élevé enregistré chez les larves L₅ est obtenu par l'huile de graines de *D. stramonium* avec un pourcentage de 100%, il semble que cette huile végétale bloque le phénomène d'exuvie qui se traduit par l'incapacité des larves L₅ traitées à achever leurs mues imaginaires. Parallèlement, les imagos de *S.gregaria* s'avèrent plus sensibles à l'effet létal causé par l'huile de graines de *D. stramonium* ensuite celui de *P. harmala* puis celui de *C. arabica* avec des taux de mortalité de 100% ,50%, 45.45% respectivement. Les taux de mortalité observés chez les larves L₅ et les imagos de *S. gregaria* traitées démontrent les effets toxiques des huiles végétales testées.

L'estimation du temps létal 50 (TL₅₀) permet d'évaluer la rapidité d'action des huiles étudiées. Les TL₅₀ les plus courts sont enregistrés chez les mâles puis les femelles des larves L₅ traitées avec l'huile de graines de *D. stramonium*, suivies par les larves L₅ mâles traitées par l'huile de graines de *C. arabica* et *P. harmala*, puis celle des larves L₅ femelles traitées par l'huile de graines de *P.harmala* et *C.arabica*. De même, pour les imagos de *S.gregaria*, les TL₅₀ les plus courts ont été obtenus par les imagos mâles suivis par les femelles traitées à l'huile de graines de *D.stramonium*, puis celui des imagos femelles et mâles traitées par l'huile de graines de *P.harmala*, et enfin celui des imagos mâles et femelle traitées avec l'huile de graines de *C.arabica*.

Les huiles de graines de plantes acridifuges dont *P.harmala* et *C.arabica* et *D.stramonium* provoquent des effets létaux et sub-létaux vis-à-vis les larves L₅ et les imagos de *S. gregaria*. Le pouvoir toxique des huiles végétales lourdes sur les larves L₅ et les imagos de *S. gregaria* varié en fonction d'huile de graines injectée, ceux-ci témoignent les variations qualitatives et quantitatives des métabolites secondaires contenus dans ces trois huiles végétales.

Généralement, les effets létaux et sub-létaux causés par les deux huiles de graines soit celles de *P. harmala* et de *C.arabica* sur le criquet pèlerin se diffèrent selon le stade de développement ; les larves L₅ de *S. gregaria* sont plus sensibles à l'action toxique de l'huile de graines de *C. arabica* que l'huile de graines de *P. harmala*, contrairement aux imagos qui sont plus sensibles à l'huile de graines de *P. harmala* que l'huile de graines de *C. arabica*. Ceci peut être justifié par le changement physiologique de l'insecte lors de son passage du 5^{ème} stade larvaire au stade imago et à la composition chimique des deux huiles végétales.

En perspective, afin de mieux valoriser les résultats de recherche obtenus dans cette étude concernant le potentiel biocide des huiles végétales lourdes testées vis-à-vis les larves L₅ et les imagos de *S.gregaria*, il est recommandé de :

- Caractériser et isoler les métabolites secondaires contenus dans chaque huile végétale testée et les faire appliquer séparément sur les larves L₅ et imagos de *S. gregaria*, afin d'identifier les métabolites caractérisés par l'effet biocide.
- Réaliser une étude histologique sur la partie du mésentéron du tube digestif du criquet pèlerin afin d'évaluer les effets probables de ces huiles végétales sur cet organe.
- Afin de permettre l'utilisation de ces huiles végétales dans des contextes réels (en plein

champ), il est suggéré d'étudier les effets toxiques des huiles de graines des plantes testées sur le criquet pèlerin par le mode de contact.

- Rechercher les effets de ces huiles végétales sur d'autres paramètres biologiques et physiologiques du criquet pèlerin ; fertilité, potentiel reproductif (nombre d'œufs par oothèque), sex-ratio, et autres.
- Effectuer des études sur l'impact toxique des huiles végétales testées sur l'écosystème ; tester la toxicité des huiles végétales vis-à-vis les insectes auxiliaires et les plantes et évaluer la durée de la biodégradation de ces huiles végétales au niveau du sol.
- Réaliser une étude sur le mécanisme d'action des molécules bioactives contenues dans ces huiles végétales dans l'organisme de ce locuste ; métabolisme des sucres et les protéines et les lipides, effets sur les fonctions et les organes vitaux.
- Examiner le pouvoir biocide des huiles végétales testées sur d'autres bio-agresseurs et plantes adventices et microorganismes.
- Dans le cadre de la lutte préventive contre les essaims, il est suggéré de cultiver des plantes acridifuges dans les foyers potentiels de grégarisation du criquet pèlerin.

Références bibliographiques

Référence bibliographique

- Aarons D. H., Rossi G. V. et Orzechowski R. F., 1977.- Cardiovascular actions of three harmala alkaloids: Harmine, harmaline, and harmalol. *J. Pharm. Sci.*, vol. 66 (12): 8-44.
- Abbassi K., Atay-Kadiri Z. et Ghaout S., 2003a.- Biological effects of alkaloids extracted from three plants of Moroccan arid areas on the desert locust. The Royal Entomological Society, *Physiological Entomology*, (28) : 232-236.
- Abbassi K., Atay-Kadiri Z. et Ghaout S., 2004.- Activité biologique des feuilles de *Calotropis procera* (AIT. R. BR.) sur le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Zool Baetica* 15:153–66.
- Abbassi K., Atay-Kadiri Z. et Ghaout S., 2003a.- Biological effects of alkaloids extracted from three plants of Moroccan arid areas on the desert locust. *Physiological Entomology* 28 : 232-6.
- Abbassi K., Mergaoui L., Atay Kadiri Z., Stamboli A. et Ghaout S., 2003.- Activités biologiques de l'extrait des graines de *Peganum harmala* sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* forskål1775). *Journal of Orthoptera Research*, 12 (2) : 71-79.
- Abbassi K., Mergaoui L., Atay-Kadiri Z., Ghaout S. et Stambouli A., 2005.- Biological activities of *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) leaves at Floral Stage on the mortality and reproductive activity of the desert locust. *Zool. Baetica*, 16: 31-46.
- Abbassi K., Mergaoui L., Atay-Kadiri Z., Stambouli A. et Ghaout S., 2003b.- Effets des extraits de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forskål, 1775). *Zoologica baetica* (13/14) : 203-17.
- Abdellaoui K., Benhalima K. et Benhamouda M. H., 2006. - Activité biologique de l'acide gibbérellique sur le criquet migrateur asiatique *Locusta migratoria migratoria* L. (Orthoptera ; Acrididae). Act. Cong. Intern. Entom. Némat. (17-20 Avril 2006), Inst. Nat. Agro., El-Harrach, Alger : 248-260.
- Acheuk F., 2000.- Effet de quelques substrats alimentaires sur quelques paramètres de la biologie et la reproduction de *Locusta migratoria* (Orthoptera Oedipodinae). Etude de l'efficacité de deux insecticides de synthèse : Dursban et Decis au laboratoire, et de perturbation histopathologiques du tube digestif. Thèse de magister, Sci. Agro. Inst. Nat. Agro., El harrach 85p.
- Acheuk F., Doumandji-Mitiche B., 2013.- Insecticidal activity of alkaloids extract of *Pergularia tomentosa* (Asclepiadaceae) against fifth instar larvae of *Locusta migratoria cinerascens* (Fabricius 1781) (Orthoptera : Acrididae). *International Journal of Science and Advanced Technology*, 3, 8–13.
- Aissaoui H., 2014.- Activité biologique des extraits de *Peganum harmala*, *Nerium oleandes* et d'un insecticide sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera- Acrididae). Thèse Magister. Zoologie agricole et forestière. Institut national. Agronomique (INA), El Harache-Alger, 79p.

- Akhtar M. S., Iqbal Z., Khan M. N. et Lateef M., 2000. - Anthelmintic activity of medicinal plants with particular reference to their use in animals in the Indo±Pakistan subcontinent. *Small. Rumin. Res.*, vol. 38: 99–107.
- Alaoui A., 1994.- Mode d'action d'un insecticide de synthèse la deltaméthrine, sur le métabolisme glucidique et hydrominéral, chez le criquet migrateur mâle adulte. Thèse de Doctorat en sciences, Faculté des Sciences, Rabat. 152p.
- Allouni R., 2011.- Étude de la toxicité des alcaloïdes totaux des graines de *Datura stramonium* L. sur les animaux de laboratoire. Mémoire de Magister en Biochimie. Université Ferhat Abbas – Sétif, 92p.
- Ammar M. et N'cir S., 2008.- Incorporation of *Cestrum parquii* (Solanaceae) Leaves in an artificial diet affected larval longevity and gut structure of the desert locust *Schistocerca gregaria*. *Tunisian Journal of Plant Protection*, 3, 27–34.
- Aniszewski T., 2007.- Alkaloids-Secrets of Life : Alkaloid Chemistry, Biological Significance, Applications and Ecological Role. Elsevier, Amsterdam : 185–186.
- Astulla A., Zaima K., Matsuno Y., Hirasawa Y., Ekasari W. et Widyawaruyanti A., 2008.- Alkaloids from the seeds of *Peganum harmala* showing antiplasmodial and vasorelaxant activities. *J. Nat. Med.*, vol. 62:470–2.
- Aulagnier F. et Poissant L., 2005.- Some Pesticides Occurrence in Air and Precipitation in Québec, Canada. *Environmental Science and Technology*, vol. 39: 2960-2967.
- Baba Aïssa F., 1999.- Encyclopédie des plantes utiles. Flore D'Algérie et du Maghreb, Substance Végétales D'afrique et d'Occident. Edition : Librairie Moderne.
- Baba Aïssa F., (2000).- Encyclopédie des plantes utiles, Flore d'Algérie et du Maghreb. Edition Librairie Moderne Rouiba (Alger), 368 p.
- Bakr R.F.A., Mohammed M.I., El-Gammal A.M. et Mahdy M.N., 2009.- Biological effects of Chitin-synthesis inhibitor, Hexaflumuron compound on the desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forskål). *Acad. J. Biolog. Sci.*, 1(1) : 49-57.
- Baran J. M., 2000.- Daturas plantes magiques, Hallucinogènes, et médicinales à l'île de la Réunion et dans le monde. Thèse docteur en médecine. Université Henri Poincaré Nancy. 119 p.
- Baran J.M., 2000.- Datura plantes magiques, Halluc, inogènes et médicinales. l'île de la Réunion et dans le monde, thèse docteur en médecine. université HENRIPOIN Nancy, 54p.
- Belhadi A., 2005. - Impact de quelques plantes sur certains paramètres biologiques et physiologiques du criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) en conditions contrôlées. Thèse Magister Sci. Agro., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 186 p.
- Bellakhdar J., 1997.- La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Ibis Press, Saint Etienne, 764 p.
- Ben Halima T., Gillon Y. et Louveaux A., 1984. -Utilisation des ressources trophiques par *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) (Orthopt. Acrididae). Choix des espèces en fonction de la valeur nutritive. *Acta Oecologica. Oecol. Gener.*, 5, JUNK hbl., vol. 19 (23) : 383-406.

- Ben Halima T., Gillon Y. et Louveaux A., 1984.- Utilisation des ressources trophiques par *Dociostaurus maroccanus* (Thunberg, 1815) (Orthoptera, Acrididae). Choix des espèces consommées en fonction de leur valeur nutritive. *Acta Oecologica-Oecologia Generalis*, 54: 385-406.
- Ben Hassan M. A., 2014.- Evaluation de l'activité insecticide des extraits éthanoliques de *Calotropis procera* et de *Artemisia judaica* sur *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Orthoptera : Acrididae). Thèse Magister en Sciences Agronomiques. ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL HARRACH –ALGER. 143p.
- Benbott A., Yahya A. et Belaïdi A., 2012.- Assessment of the antibacterial activity of crude alkaloids extracted from seeds and roots of the plant *Peganum harmala* L. *J. Nat. Prod. Plant. Resour* 2 (5) :568-573.
- Benbott L., Bahri L., Boubendir A. et Yahia A., 2013.- Study of the chemical components of *Peganum harmala* and evaluation of acute toxicity of alkaloids extracted in the Wistar albino mice. *J. Mater. Environ. Sci*, vol. 4 (4) :558-565.
- Benhamou N., 2009. - La résistance chez les plantes. Ed. Tec et Doc, Paris, 374p.
- Beniston N.T. et Beniston W.S., 1984.- Fleurs d'Algérie. Edition Entreprise National du Livre, Alger.359 p.
- Bentz F., Girardie A. et Casal M., 1970.- Étude électrophorétique des variations de la protéinémie chez *Locusta migratoria* pendant la maturation sexuelle. *Journal of Insect Physiology*, vol. 16, Great Britain: 2257-2270.
- Benzara A., Ben Abdelkrim A. et Khalfi-Habes O., 2013.- Effects of Aqueous Extracts of Seeds of *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) on 5th Stage Larvae *Locusta migratoria* cinerascens (Fabricius, 1781) (Orthoptera : Oedipodinae). *Journal of Life Sciences*, 7(2) : 159-164.
- Berenbaum M. R., 1995.-The chemistry of defense: theory and practice. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol. 92 : 2-8.
- Berlin J., Rugenhagen C., Kusovkina I. N., Fecker L. F. et Sasse- F., 1994.- Are tissue cultures of *Peganum harmala* a useful model system for studying how to manipulate the formation of secondary metabolites ? *Plant cell, Tissue and Organ Culture*. 38: 289-297.
- Bernays E. A. et Chapman R. F., 1973. - The role of food plants in the survival and development of *Chortoicetes terminifera* (Walker) under drought conditions. *Austr. J. Zool.*, vol. 21 :575-592.
- Bernays E. A., 1977. - The physiological control of drinking behaviour in nymph of *Locusta migratoria*. *Physiol. Ent.*, vol. 2: 261-373.
- Blaney W. M. et Simmonds M. S. J., 1985. -Food selection by locusts : the role of learning in rejection behaviour. *Ent. Exp. &Appl.*, vol. 39 : 273-278.
- Blaney W.M. et Chapman R.F., 1970. -The functions of the maxillary palps of acrididae (Orthoptera). *Entomol. Exp. & Appl.*, vol. 13 : 363-376.
- Boccard R., 1963.- Etude de la production de la viande chez les ovins. *Ann. Zootech.*, vol. 12 (3): 227-230.

- Bouhas-Boubekka A., 2011.- Activité insecticide du *Datura innoxia* et *Azadirachta indica* sur deux espèces d'orthoptères *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae) et *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae).
- Bounechada M. et Arab R., 2011.- Effet insecticide des plantes *Melia azedarach* L. et *Peganum harmala* L. sur *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera : Tenebrionidae). Agronomie numéro 1: 1-6.
- Bouriche H., Miles E.A., Selloum L. et Calder P.C., 2005.- Effect of *Cleome arabica* leaf extract, rutin and quercetin on soybean lipooxygenase activity and on generation of inflammatory eicosanoids by human neutrophils. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids 72:195–201.
- Bourmita Y., 2014. - Toxicité comparée des extraits de quelques plantes spontanées de la région de Béchar chez des termites de type Saharien. Thèse doctorat biochim. Univ. Kasdi Merbah Ouargla, 213p.
- Bouziane N., 2012.- Toxicité comparée des extraits d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut. (Euphorbiaceae) et de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) récoltés au Sahara Septentrional Est algérien sur les larves et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Thèse Magister en Sciences Agronomiques, université de Kasdi Merbah-Ouargla, 72p.
- Bouziane N., Kemassi A. et Oud El Hadj M. D., 2018.- Étude de la toxicité des extraits foliaires de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididea) Ciencia E tecnica jornal, Vol.33 (n. 8, 2018) : 02-19.
- Bouziane N., Kemassi A. et Ould el hadj M. D., 2018.- Étude de la toxicité des extraits foliaires de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididea). Ciência e Técnica Vitivinícola, 33 (8) : 1-19.
- Brader L., Djibo H., Faye F.G., Ghaout S., Lazar M., Nguala P.M. et Ould Babah, M.A., 2006. – Towards a More Effective Response to Desert Locusts and their Impacts on Food Insecurity, Livelihoods and Poverty. Independent Multilateral Evaluation of the 2003-05 Desert Locust Campaign. – FAO : Rome. 113 p.
- Breneton J., 1996.- Plantes Toxiques. Végétaux Dangereux pour l'Homme et les Animaux. Edition Lavoisier, Paris.
- Brennière J., Jover H. et De Malmann R., 1949.- Sur la nutrition de quelques Orthoptères. Revue de pathologie végétale et d'entomologie agricole de France, T. 28 (3) : 134-141.
- Bruneton J., 1987.- Eléments de phytochimie et de pharmacognosie. Tec & Doc, Lavoisier. Paris, 585 pp.
- Burkill H. M., 1985.- The useful plants of west tropical Africa, (Families A-D), 2nd ed, Kew, UK: Royal Botanic Gardens, 980 p.
- Chapman R.F., 1977 a. -The chemical inhibition of feeding by phytophagous insects : à review. Bull. ent. Res., vol. 64 : 339-363.

- Chen Q., Chao R., Chen H., Hou X., Yan H. et Zhou S., 2005.- Antitumor and neurotoxic. Effects of novel harmine derivatives and structure-activity relationship analysis. *Int. J. Cancer.*, vol. 114: 675–82.
- Cherif R., Kemassi A., Boual Z., Bouziane N., Benbrahim F., Hadjseyd A., Gharib T., Ould El Hadj-Khelil A., Sakeur M.L. et Ould El Hadj M.D., 2016.- Activités biologiques des extraits aqueux de *Pergularia tomentosa* (Asclepiadaceae). *Lebanese Science Journal*, Vol. 17, No. 1 :25-35.
- Chiasson H. et Beloin N., 2007.- Les huiles essentielles, des bio-pesticides, ‘Nouveau genre’. *Antennae*, 14 (1) : 3-6.
- Chopra I. C., Abral B. K. et Handa K. L., 1960.- Les plantes médicinales des régions arides considérées surtout du point de vue botanique. Ed UNESCO, 48 p.
- Cook A. G., 1977.- Nutrient chemicals as phagostimulants for *Locusta migratoria* (L.). *Ecol. Entomol.*, vol. 2 : 113-121.
- Cook A. G., 1977.- Nutrient chemicals as phagostimulants for *Locusta migratoria* (L.). *Ecol. Entomol.*, 2 : 113-121.
- Cortes D. R., Basu I., Sweet C. W., Brice K. A., Hoff R. M. et Hites R. A., 1998.- Temporal Trends in Gas-phase concentrations of Pesticides Measured at the Shores of the Great Lakes. *Environmental Science et Technology*, Vol.32: 1920-1927.
- Dajoz R., 1982.- «Précis d'écologie». Ed. Gautier Villars, Paris, 503p.
- Dapkevicius A., Venskutonis R., Van Beek T.A. et Linssen J. P. H., 1998.- Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in Lithuania. *Journal of Science Food and Agriculture.*, vol. 77 (1) : 140-146.
- Descoins C., 1979.- Nouvelles tendances de l'agrochimie, théories et applications. Supplément au fascicule 4 des Cahier de nutrition et de diététique. Pesticide : 93-105.
- Dethier V.G., 1980. - Mechanism of host-plant recognition. 107- 12 1. 132- 149. 603-643. *Z.F.A.N.*, 39, 642-652. pers and locusts. *Biol. Rev.*, 490-529. *Ent. exp. Appl.*, vol 31 : 49-56.
- Dibert K., (1989).- contribution à l'étude de l'extraction solide-liquide de l'huile et de l'acide chlorogénique du café vert. LYON, Claude Bernard LYON I.
- Djeridane M., Yousfi J. M., Brunel. et Stocker P., 2010.- *Food Chem. Toxicol.*, vol 48: 2599.
- Djeddar M., 2007.- Effet d'un biopesticide (Gren muscle) sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forsk.) (Orthoptera- Acrididae) et impact sur quelques espèces de la Biocénose aquatique. Mémoire de magister en sciences agronomiques. Institut National Agronomique- El HARRACH, 136 p.
- Dobson H. M., 2001.- Lutte antiacridienne. Directives sur le Criquet pèlerin. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture Rome 2001.47p.
- Dorn., Schneider., Botens., Holtman., et Petzak., 1997.- Field application of the juvenile hormone analogue Fenoxycarb against hopper bands of *Locusta migratoria* capito in Madagascar. In S. Krall: *New strategies in locust control*: 143-150.

- Doumandji S. et Doumandji-Mitiche B., 1994.- Criquets et sauterelles (acridologie). Ed. Off. Pub. Univ., Alger, 99 p.
- Duranton J. F. et Lecoq M., 1990.- *Le criquet pèlerin au Sahel*. Coll. Acrid. Opé. (6), CIRAD/PRIFAS, Montpellier, 178 p.
- Duranton J. F., Launois M., Launois - Luong M. H. et LECOQ M., 1982. - Manuel de prospection antiacridienne en zone tropicale sèche. Ed GERDAT, Paris, T2, 696 p.
- Duranton J. F., Launois-Luong M. M. et Lecoq M., 1982. - Manuel de protection acridienne en zone tropicale sèche. GERDAT, Montpellier, T I, 965p.
- El Bahri L. et Chemli R., 1991.- *Peganum harmala* L. à poisonous plant of North Africa. Vet. Hum. Toxicol, 33 (3) : 276-277.
- El Bazaoui A., Stambouli H., Bellimam M.A. et Soulaymani A., 2009.- Détermination des alcaloïdes tropaniques des graines du *Datura stramonium* L. par CPG/SM et CL/SM. *Ann Toxicol Anal.*, vol. 21(4) : 183-188.
- EPPO., 1993.- Decision-making scheme for the environmental risk assessment of plant protection products, Chapter8, Earthworms. EPPO Bulletin, vol. 23: 131-149.
- EPPO., 1994.- Decision-making scheme for the environmental risk assessment of plant protection products, Chapter9, Arthropod natural enemies. EPPO Bulletin, vol. 24: 17-35.
- F.A.O ., 2012.- La croissance de l'agriculture et sa contribution à la réduction de la pauvreté, de la faim et de la malnutrition. La croissance de l'agriculture et sa contribution à la réduction de la pauvreté, de la faim et de la malnutrition : 30-39.
- Farzin D. et Mansouri N., 2006.- Antidepressant-like effect of harmaline and other betacarbolines in the mouse forced swim test. *Eur. Neuro. Psycho. Pharmacol.*, vol. 16:324-8.
- FEENY P., 1976.- *Plant apparency and chemical defense*. Ed. Plenum Press, New York : 1-40.
- Fellows L. E., Kite G. C., Nash R. J., Simmonds M. S. J. et Scofield A. M., 1992.- Distribution and biological activity of alkaloidal glycosidase inhibitors from plants. In Nitrogen Metabolism of Plants (Edited by Mengel K. and Pilbeam D. J.), Oxford University Press, Oxford. PP : 271-282.
- Fellows L. E., Kite G. C., Nash R. J., Simmonds M. S. J. et Scofield A. M., 1989a.- Castanospermine, swainsonine and related polyhydroxy alkaloids : structure, distribution and biological activity. In Plant Nitrogen Metabolism (Edited by Poulton J. E., Romeo J. T. and Conn E. E.), Plenum Press, New York, PP : 395-427.
- FINCH S., 1980. - Chemical attraction of plant-feeding Insects to Plants. *Appl. Biol.*, vol. 5 : 67-143.
- Frankel G. S., 1959.-The raison d'être of secondary plant substances. *Science*, 129: 1466-1470. GHAOUT S., 1990. Contribution à l'étude des ressources trophiques de *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae) solitaire en Mauritanie occidentale et télédétection de ses biotopes par satellite. Thèse de Docteur des Sciences ; Université Paris XI, Orsay. 241 p.

- Franklin M., 2014.- *Datura stramonium* L. Projet d'amélioration de la productivité des cultures grâce à la conservation du sol et de l'eau et à des techniques intégrées de prévision et de préparation à la sécheresse dans les zones plus sèches des hauts plateaux du centre de Kenya. 18p.
- Funtès J. A. et Longo V.G., 1970.- An investigation on the system nervous central effects of harmine, Harmaline, and related B-carbolines ; *Neuropharmacology*, 10:15-23.
- Gade G., Goldsworthy G. J., Schaffer M. H., Cook J. C. et Rinehart K. L. Jr., 1986.- Sequence analyses of adipokinetic hormones II from corpora cardiaca of *Schistocerca nitans*, *Schistocerca gregaria*, and *Locusta migratoria* by fast atom bombardment mass spectrometry. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, vol. 134 (2) :723-730.
- Gaire B. P. et Subedi L., 2013.- A review on the pharmacological and toxicological aspects of *Datura stramonium* L. *Journal of Integrative Medicine*, vol. 11: 73-79.
- Gangwere S.K., 1960. - Notes on drinking and the need for water in Orthoptera. *Can. Ent.*, vol. (92) 911-915.
- Ghaout S., 1990.- Contribution à l'étude des ressources trophiques de *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae) solitaire en Mauritanie occidentale et télédétection de ses biotopes par satellite. Thèse de Docteur des Sciences ; Université Paris XI, Orsay. 241 p.
- Ghedjati N., 2014.- Toxicité aigüe et subaigüe des alcaloïdes naturels et synthétiques des graines du *Datura stramonium*. Thèse Magister en Biologie. Université Ferhat Abbas Sétif, 91p.
- Girardie J. et Girardie A., 1977a.- Intervention des cellules neurosécrétrices médianes dans la castration parasitaire d'*Anacridium aegyptium*. *J. Insect Physiol.*, vol.20 : 2261-2275.
- Girardie A. et Granier S., 1973.- Système endocrine et physiologie de la diapause imaginale chez le Criquet égyptien *Anacridium aegyptium*. *Journal of Insect physiology*, vol.19, Great Britain: 2341-2358.
- Girardie A. et Lapon-Cazal M., (1972).- Contrôle endocrine des contractions de l'oviducte de *Loausta migratoria migratorioides* (R. et F.). *C. R. hebd. Acad. Sci., Paris*, vol. 274 : 2208-2.
- Girardie A., 1991.- Régulation endocrinienne du développement de la reproduction et du polymorphisme phasaire. La lutte antiacridienne. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris: 119-127.
- Girardie J., 1991.- Structure des glandes endocrines et chimie des hormones des Criquets grégaires. La lutte antiacridienne. Ed. AUPELFUREF, John Libbey Eurotext, Paris: 101-117.
- Girardie J., 1991.- Polymorphisme phasaire des criquets grégaires et régulation endocrinienne de leur développement et de leur reproduction. La lutte anti-acridienne. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris ©, : 101-117.

- Goel N., Singh N. et Saini R., 2009.- Efficient in vitro multiplication of Syrian Rue (*Peganum harmala* L.) using 6 benzylaminopurine pre-conditioned seedling explants. *Nature and Science*. 7(7), 1545-0740.
- González D., Ancín-Azpilicueta C., Arán V. J. et Guillén H., 2010.- Beta-Carboline alkaloids in *Peganum harmala* and inhibition of human monoamine oxidase (MAO). *Food. Chem. Toxicol.*, vol. 48 :839–45.
- Grasse P. P., 1970.- Zoologie- Des Invertébrés. Ed. Massons, Paris, 1500 p.
- Grassé P.P., 1976.- Traité de Zoologie. Tome VIII. Masson. Paris, 226-259.
- Grella B., Dukat M., Young R., Teitler M., Herrik Davis K., Gauthier C. B. et Glennon R. A., 1998.- Investigation of hallicinogenic and related beta-carbolines. *Drug Alcohol Depend*, 50: 99-107.
- Gry J., Coquard. et Coquard G., 1966.- Appréciation en laboratoire de l'activité des insecticides à l'égard du criquet migrateur. *L'agronomie tropicale*. (6-7) 837-855.
- Habbachi S., Amri N., Habbachi W., Benhissen S., Tahraoui A. et Rebbas K., 2019.- Toxic effects of *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) aqueous extracts on mortality and sexual behavior of *Drosophila melanogaster* (Diptera : Drosophilidae). *J Anim Behav Biometeorol*, 7:137-143.
- Haddadj F., Hamdi S., Zenia S., Smai A., Saadi H. et Doumandji-mitiche B., 2014.- effet du champignon entomopathogene beauveria bassiana sur le criquet pelerin. afpp – dixième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture montpellier, 1-5.
- Hadj Amar K., 2012.- Étude de la toxicité des extraits foliaires de *Cleome arabica* l. (Capparidaceae) sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae) .Mémoire Ingénieur d'Etat en Sciences Agronomiques, université de Kasdi Merbah-Ouargla, 76p.
- Halouane F., 1997.- Cycle biologique de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera acrididae). Efficacité *Metarhizium anisopliae* (Meth) (Hyphomycetes, deuteromycotina) et effet sur quelque paramètres physiologiques de *Shistocerca gregaria*. Thèse Magister, Sci. Agro. Inst. Nat. Agro., El Harrach, Alger. 237 p.
- Hamadi K., Boudjenouia A., Kaci N. et Doumandji-mitiche B., 2021.- Étude de l'activité biologique de l'huile essentielle de l'Origan (*Origanum glandulosum* L.) sur l'histophysiologie du tube digestif des adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). *Revue Nature et Technologie*, 13 (2) : 52-60.
- Hammiche V., Merad R. et Azzouz M., 2013.- Plantes toxiques à usage médicinal du pourtour méditerranéen. Paris, Springer : 447 p.
- Hamsa T. P. et Kuttan G., 2010.- Harmine inhibits tumour specific neo-vessel formation by regulating VEGF, MMP, TIMP and pro-inflammatory mediators both *in vivo* and *in vitro*. *Eur. J. Pharmacol.*, vol. 649: 64–73.
- Hanahan D. et Weinberg R. A., (2000).- The hallmarks of cancer. *Cell*. vol. 100: 57–70.
- Hanahan D. et Weinberg R. A., 2011.- Hallmarks of cancer: The next generation. *Cell*. vol.144 (5): 646-74.

- Handa Sukhdev. Swami., Khanuja Suman. Preet. Singh., Longo Gennaro. et Rakesh Dev. Dutt., 2008.- Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants. International centre for science and high technology, Trieste : 21-25.
- Harborne J. B., 1993. - Introduction to chemical ecology. Ed. Academic press London, 317 p.
- Harborne J. B., 1993.- Introduction to chemical ecology, 4ème édition, Academic press, London, 317 p.
- Harizia A. et Doumandji S., 2014.- Biological activity of *nerium oleander* l. (apocynaceae) essential oil on 5th larval stage of *Schistocerca gregaria* (forskål, 1775) (orthoptera : acrididae). International Journal of Zoology and Research, 4 :19-28.
- Haskell P. T., Paskin M. W. J. et Moorhouse J. E., 1962. -Laboratory observations on factors affecting the movements of hoppers of the Desert Locust. J. Insect. Physiol., vol. 8 : 53-78.
- Haubruge É. et Amichot M., 1998.-Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens. Biotechnol. Agron. Soc. Environ, 2 (3), 161–174.
- Herouini A., 2021.- Évaluation du pouvoir biocide des huiles de graines de *Citrullus colocynthis* Schard. (Cucurbitaceae), *Pergularia tomentosa* L. (Asclepiadaceae) et *Datura stramonium* L. (Solanaceae) récoltées dans la région de Ghardaïa. Thèse de Doctorat. Université de Ghardaïa, 98p.
- Highnam K.C., 1961.-The histology of the ne rosecretory system of the adult female desert locust, *Schistocerca gregaria*. *Quart. J. Mioroso. Soi.*, vol. 191 :199-200.
- Hoffmann J., 1980.-Ecdysone et reproduction chez les femelles adultes d'insectes. *Reproduction Nutrition Développement.*, vol. 20 (2) :443-456.
- Holland J. M., Frampton G. K., Çilgy T. et Wratten S. D., 1994.- Arable acronyms analysed - a review of integrated arable farming systems research in Western Europe. *Ann. appl. Biol.*, vol. 125: 399-438.
- Hsiao T. H., 1969.- Chemical basis of host selection and plant resistance in oligophagous insects. *Ent. exp. appl.*, vol. 12 : 777-778.
- Hurpin B., 1962.- Super - famille des Scaraboidea. *Entomologie appliquée à l'agriculture*. Tome. I, Vol. 1. Ed. Masson, Paris, 24-204.
- Idrissi Hassani L.M. et El Hadek M., 1999.- Analyse de la composition de l'huile de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae), *Acta Botanica Gallica*, 146:4, 353-359.
- Idrissi Hassani L. M. et Hermas J., 2008.- Effets de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae). *Zool. baetica*, 19: 71-84.
- Idrissi Hassani L.M. et El Hadek M., 2000.- Analyse de la composition de l'huile de *Peganum harmala* L. (Zygophyllacées). *Acta Botanica Gallica*, 146 (4), 355- 361.
- Idrissi Hassani L.M., Ould Ahmedou M.L., Mayad E.H. et Bouaichi A., 2002.- Pouvoir insecticide de *Peganum Harmala* sur *Schistocerca gregaria* : Effets de l'huile et des extraits de feuilles. *Biologie & Santé*, 2 (2) : 122-133.

- Iserin P., 2001.- Encyclopedia of Médicinal Plants. La Rouse. (2nd Edition). PP: 244-245.
- Ismail I. S., Ito H., Selloum L. et Yoshida T., 2005.- Flavonoids from *Cleome arabica* leaves and twigs. Natural Medicine. Vol. 59: 53.
- Jinous A., Fereshteh R.L., 2012.-Chemistry, pharmacology and medicinal properties of *Peganum harmala* L. *Afri. Pharma. Pharmacology.*, vol.6 (22) :1573-1580.
- Jones W. P. et Kinghorn A. D., 2005.- Extraction of plant secondary metabolites. In : Sarker SD, Latif Z, Gray AI (eds) Natural Products Isolation. Methods in Biotechnology. Humana Press, Totowa., vol 20 : 323-351.
- Kaidi N., 2007.- Bioécologie de *Schistocerca gregaria* Forskål, 1775 (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae) dans la région de l’Ahaggar –essais de lutte biologique au moyens de champignons entomopathogenes : *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum*. Thèse Magister. Institut National Agronomique EL- Harrach- Alger.138p.
- Kayed A.N., 1983.- Food consumption, assimilation and growth in *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Bull.soc.ent., Egypte, n° 64, PP : 183-190.
- Kemassi A., 2008.- Toxicité comparée des extraits de quelques plantes acridifuges du Sahara septentrional Est algérien sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Thèse Magister en Sciences Agronomiques. Université Kasdi Merbah-Ouargla. 165p.
- Kemassi A., 2008.- Toxicité comparée des extraits de quelques plantes acridifuges du Sahara septentrional Est algérien sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Thèse Magister en Sciences Agronomiques. Université Kasdi Merbah-Ouargla. 165p.
- Kemassi A., 2014.- Toxicité comparée des extraits d’*Euphorbia guyoniana* (Stapf.) (Euphorbiaceae), *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) et de *Capparis spinosa* L. (Capparidaceae) récoltés de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional) sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Cyrtacanthacridinae) .Thèse de doctorat en Écologie Saharienne et Environnement, université de Kasdi Merbah-Ouargla, 230 p.
- Kemassi A., 2014.- Toxicité comparée des extraits d’*Euphorbia guyoniana* (Stapf.) (Euphorbiaceae), *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) et de *Capparis spinosa* L. (Capparidaceae) récoltés de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional) sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Cyrtacanthacridinae). Thèse Doctorat, UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA, 230p.
- Kemassi A., 2014.- Toxicité comparée des extraits d’*Euphorbia guyoniana* (Stapf.) (Euphorbiaceae), *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) et de *Capparis spinosa* L. (Capparidaceae) récoltés de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional) sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Cyrtacanthacridinae). Thèse Doctorat, UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA, 230p.

- Kemassi A., Boual Z., Bouziane N., Ould El Hadj-Khelil A. et Ould El Hadj M.D., 2013. – Biological activity of essential oils leaves from one Sahara plant: *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) on the desert locust. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, vol. 2(8): 389-395.
- Kemassi A., Boual Z., Hadjseyd A., Bouziane N., Herouini A., Mensouri K., Bouras N., Ould El Hadj-Kelil A. et Ould El Hadj M.D., 2018.- Effets biotoxiques des extraits de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae). Algerian journal of aridenvironment.vol. 8, n°2, Décembre 2018: 79- 98.
- Kemassi A., Boual Z., Hadjseyd A., Bouziane N., Herouini A., Mensouri K., Bouras N., Ould El Hadj-Kelil A. et Ould El Hadj M.D., 2018.- Effets biotoxiques des extraits de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) sur le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae). Algerian journal of aridenvironment. 8 (2) : 79- 98.
- Kemassi A., Boual Z., Lebbouz I., Daddi Bouhoun M., Saker M. L., Ould El Hadjkelil A. et Ould El Hadj M. D., 2012.- Étude de l'activité biologique des extraits foliaires de *Cleome arabica* (Capparidaceae). Lebanese Science Journal, vol. 13(2), Décembre 2012 : 81-97.
- Kemassi A., Boual Z., Lebbouz I., Daddi Bouhoun M., Saker M.L., Ould El Hadjkelil A. et Ould El Hadj M.D., 2012.- Étude de l'activité biologique des extraits foliaires de *Cleome arabica* (Capparidaceae). Lebanese Science Journal, 13(2) : 81-97.<http://www.cnrs.edu.lb/info/LSJ2012/No2/kemassi.pdf>.
- Kemassi A., Boual Z., Ould El Hadj- Khelil A., Dadi Bouhoun M. et Ould El Hadj M.D., 2010.- Activité biologique de l'extrait d'*Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.) (Euphorbiaceae) sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae). Annales des Sciences et Technologie. Vol. 2, (1) : 61-70.
- Kemassi A., Boual Z., Ould El Hadj-Khelil A., Dadi Bouhoun M., Ould El Hadj M. D., 2010.- Activité biologique de l'extrait d'*Euphorbia guyoniana* (Boiss.&Reut.) (Euphorbiaceae) chez le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae). Annales de Sciences et Technologie, Université Kasdi Merbah-Ouargla, vol. 2 (1) : 60- 71.
- Kemassi A., Boukhari K., Cherif R., Ghada K., Bendaken N., Bouziane N., Boual Z., Bouras N., Ould Elhadj-Khelil A. et Ould El hadj M.D., 2015.- Evaluation de l'effet larvicide de l'extrait aqueux d'*Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.) (Euphorbiaceae). Revue El-Wahat pour les Recherches et les Etudes Vol.8 n°1 : 44 – 61.
- Kemassi A., Bouziane N., Boual Z. et Ould El Hadj M. D., 2014.- Activité biologique des huiles essentielles de *Peganum harmala* L.(Zygophyllaceae) et de *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) sur *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Journal de Phytothérapie de la recherche à la pratique. 12: 348–353.
- Kemassi A., Bouziane N., Boual Z., et Ould El Hadj M.D., 2014.- Activité biologique des huiles essentielles de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et de *Cleome arabica* L.

- (Capparidaceae) sur *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Journal de Phytothérapie de la recherche à la pratique. 12 :348–353.
- Kemassi A., Ellali N., Boual Z., Bouziane N., Ould EL Hadj-Khelil A., Hadj-Mahammed M. et Ould El Hadj M.D., 2013.- Toxicité comparée des huiles essentielles brutes foliaires de trois plantes spontanées récoltées au Sahara algérien sur les larves et les imagos de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-cyrtacanthacridinae). Algerian journal of arid environment. 3 (2) : 34-42.
 - Kemassi A., Guendouz-benrima A. et allal-Benfekih L., 2007.- Régime alimentaire de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) et de *Locusta migratoria* (Linnée, 1758) (Orthoptera- Acrididae) dans les périmètres irrigués sous pivot dans la région de Ouargla. Actes des Journées Internationales sur la Zoologie Agricole et Forestière, Inst. Natio. Agro., Alger : 122-133.
 - Kemassi A., Herouini A., Hadj S. A., Cherif R. et Ould El Hadj M. D., 2019.- Effet insecticide des extraits aqueux d'*Euphorbia guyoniana* (Euphorbiaceae) récoltée dans Oued Sebseb (Sahara Algérien) sur le *Tribolium castaneum*. Lebanese Science Journal, Vol. 20, No. 1 :55-70.
 - Kemassi A., Ould El Hadj-Khelil A., Boual Z., Hamid Oudjana A. et Ould El Hadj M. D., 2012a.- Activités biologiques des huiles essentielles brutes foliaires de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera- Cyrtacanthacridinae). PhytoChem & BioSub Journal, vol. 6 (2) : 71-77.
 - Kim N.S. et Lee D.S., 2002.- Comparison of different extraction methods for the analysis of fragrances from Lavandula species by gas chromatographymass spectrometry. Journal of Chromatography A., vol. 982: 31-47.
 - Kogan M., 1977. -The role of chemical factors in insectplant relationships. Proc. XV Int. Cong. Entomol : 211-217.
 - Koller G., 1954.- Zur Frage der hormonaler Steuerung bei der rythmischen Eingeweidebewegungen von Insekten. Verth. dtsoh. zool. Gesellsah., vol. 27 : 417-422.
 - Lagunez R.L. (2006).- Etude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffé par induction thermomagnétique directe. Thèse de doctorat, institut national polytechnique de Toulouse, France. 335 p.
 - Lamri H., 2015.- Efficacité entomopathogène du *Bacillus subtilis* et du *Bacillus thuringiensis* sur quelques paramètres de croissance et de fécondité du criquet migrateur *Locusta migratoria* (Linné, 1758) (Oedipodinae, Acrididae). Mémoire Magister en Biologie. Université Mohamed Khider – Biskra.81p.
 - Latchininsky A.V. et Launois-Luong M.H., 1997.- Le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) dans la partie nord orientale de son aire d'invasion. CIRADPRIFAS : Montpellier (France) / Institut Pan Russe de la Protection des Plantes(VIZR) : Saint Pétersbourg (Russie).192 p.
 - Launois-Luong M.H., Launois M. et RACHADI T., 1988.- La lutte chimique contre les criquets du Sahel. Ed. Dehan, CIRAD/PRIFAS, Montpellier, (3) : 83 p.
 - Lebbouz I., 2010.- Activité biologique des extraits foliaires de *Cleome arabica* L.

- (Capparidaceae) chez *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae). Mémoire de Magister en Biologie. Université de Biskra.122p.
- Leclerc J. C., 1999.- Ecophysiologie végétale. Ed : université de Saint-Etienne, France, 277 p.
 - Lecoq M., (2004).- Vers une solution durable au problème du criquet pèlerin ? Science et changements planétaires / Sécheresse., vol. 15: 217-224.
 - Lecoq M., 1988.- Les criquets du Sahel. Coll. Acr. Opérat., n°1, CIRADPRIFAS, Montpellier, 129p.
 - Lecoq M., 1991.- Le Criquet pèlerin. Enseignements de la dernière invasion et perspectives offertes par la biomodélisation. La lutte anti-acridienne. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris © 1991 :71-98.
 - Lecoq M., 1998.- Les criquets : une menace pour l'agriculture, une plaie toujours d'actualité. Note de recherche. Ed. CIRAD. Montpellier. 9 p.
 - Lecoq M., 2004.- Vers une solution durable au problème du Criquet pèlerin. *Sécheresse*, vol. 15 (3) : 217-224.
 - Lecoq M., 2010.- Morphologie des acridiens. 3ème cycle en Acridologie Institut Hassan 2, Maroc, octobre.75p.
 - Lecoq M., 2012.- Bioécologie du criquet pèlerin. FAO-CLCPRO (Commission de lutte contre le Criquet pèlerin en région occidentale), Alger. 217p.
 - Legal P., 1989.- Le choix des plantes nourricières et la spécialisation trophique chez les Acridoidea (Orthoptères). Bull. Ecol. Ento., 20 (3) : 245-261.
 - Legrand G., 1993.- Manuel de préparateur en Pharmacie. Masson, Paris, 661 p.
 - Leporatti M. et Ghedira k., 2009.- Comparative analysis of medicinal plants used in traditional medicine in Italy and Tunisia. *J. Ethnobiol ethnomed.*, vol. 5: 31.
 - Lewis A.C. et Bernays E.A., 1985. - Feeding behavior : selection of both wet and dry food for increased growth in *Schistocerca gregaria* nymphs. Entomol. Exp. &Appt., vol. 37 : 105-112.
 - Leybros J. et Frémeaux P., 1990.- "Extraction solide-liquide aspects théoriques." techniques de l'ingénieur, traité Génie des procédés J1 077 06.
 - Linders J. B. H. J., Jansma J. W., Mensink B. J. W. G. et Otermann K., 1994.- Pesticides : benefaction or Pandora's box ? A synopsis of the environmental aspects of 243 pesticides. National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM), report n° 679101014, Bilthoven, Pays-Bas.
 - Louis S., 2004.- Diversité structurale et d'activité biologique des albumines entomotoxiques de type 1b des graines des Légumineuses. Thèse Doct., Ins. Nat. Sci. Appl. Lyon, 260 p.
 - Louveaux A., 1978.- Organisation et régulation de la prise de nourriture chez *Locusta migratoria* (R. et F.) (Orthoptère Acrididae). Thèse de Doctorat, Université Paris-Sud Orsay, 167 p.
 - Loveridge J. P., 1975.- Studies on the water relations of adult locusts III. The water balance of non-flying locusts. *Zoologica afr.*, vol. 10 : 1-28.

- Luong-Skovmand M., Rachadi T. et Lecoq M., 1999.- La lutte contre les criquets ravageurs : le point sur les nouveaux acridicides peu nocifs pour l'environnement. Prifas - Acridologie opérationnelle. Cirad-Amis-Programme Protection des cultures, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1.6 p.
- Luque de Castro M. D. et Garcia-Ayuso L. E., (1998).- "Soxhlet extraction of solid materials : An outdated technique with a promising innovative future." *Analytica Chimica Acta.*, vol. 369: 1-10.
- Luque de Castro M. D. et Garcia-Ayuso L. E., 1998.- "Soxhlet extraction of solid materials : An outdated technique with a promising innovative future." *Analytica Chimica Acta* 369: 1-10.
- Luque-Garcia J. L. et Luque de Castro M. D., 2004.- "Ultrasound-assisted Soxhlet extraction : An expeditive approach for solid sample treatment-Application to the extraction of total fat from oleaginous seeds." *Journal of Chromatography A* 1034: 237-242.
- Madhun Y. A. et Freed V. H., 1990.- Impact of pesticides on the environment. In *Pesticides in the soil environment*. Soil Science Society of America Book Series, no. 2, Madison, WI, USA: 429-466.
- Madi A., 2018.-Caractérisation phytochimique et évaluation des activités biologiques de *Cleome arabica*. Thèse En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Biotechnologie Végétale, Université des frères MENTOURI. Constantine, 157p.
- Mahdeb N., 2002.- Etude d'effet toxique de *Datura stramonium* sur le foie des rats. Thèse de doctorat. Université Ferhat Abbes Sétif-1.
- Mahdjoubi D. J. et Benrima A., 2012.- Description des biotopes du criquet pelerin dans le contexte algérien. *Revu Agrobologica.*, vol. 3 : 6-18.
- Mahmoudian M., Jalilpour H. et Salehian P., 2002.- "Toxicity of *Peganum harmala* : Review and a Case Report". *Iranian Journal of Pharmacology & Therapeutics*. IJPT, 1, 1-4.
- Maire R., 1933.- Études sur la flore et la végétation du Sahara central. Mémoire de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du nord n°3, Mission du Hoggar II, Alger, 361 p.
- Mallamaire A. et ROY J., 1968.- La lutte contre le criquet pelerin (*schistocerca gregaria* forsk.) ; en afrique occidentale Française. 121 p.
- Mangold J. R., 1978.- Attraction of *Euphasiopteryx ochracea*, *Corethrella* sp and gryllids to broadcast songs of the southern male cricket. *Florida Entomol*, vol. 61: 57-61.
- Martel C., 2012.- *Datura stramonium*, une plante hallucinogène émergente en France. Thèse de docteur en pharmacie. Université de Lille.109 p.
- Masurel E. C. T., 2007.-Contribution à l'étude de la contamination de l'ensilage de maïs par des adventices toxiques : conséquences pratiques chez les bovins. Thèse docteur vétérinaire. Université Paul-Sabatier de Toulouse.109 p.
- Mehenni M., 1996. - Régime alimentaire de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) dans la région d'Adrar. Evaluation des besoins énergétiques sur différents aliments au laboratoire. *Mém ing agro, INA, El Harrach*, 125 p.

- Mesbahi Z., 2011.- Bioactivité des extraits foliaires de *Pergularia tomentosa* L. (Asclepiadaceae) sur les larves du cinquième stade et les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae). Mémoire d'ingénieur d'état en sciences agronomiques. 71p.
- Miladi M., Abdellaoui K., Ben Hamouda A., Boughattas I., Mhafdhi M., Acheuk F., Ben Halima-Kamel M., 2019.- Journal of Integrative Agriculture, 18(12) : 2823–2834.
- Mohand Kaci H., 1998.-Etude de la toxicité de *Bacillus subtilis* (Sporulale, Bacillaceae) sur les cinq stades larvaires et les imagos de *Schistocerca gregaria* (Orthoptera, Acrididae).Effet sur la respiration et le rythme cardiaque.Mém.Ing, Inst.Nat.Agro, El-harrach.
- Moloudizargari M., Mikaili P., Aghajanshakeri S., Hossein A. M. et Shayegh J., 2013.- Pharmacological and therapeutic effects of *Peganum harmala* and its main alkaloids. *Pharmacogn. Rev*, vol. 7(14): 199–212.
- Molyneux R. J., 1993.-Isolation, characterization and analysis of polyhydroxy alkaloids. *Phytochem. Anal.* 4, 193-204.
- Mong-Ngoc N., 2010. - Adaptation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette *Choristoneura fumiferana* Clem. à la résistance de l'épinette blanche *Picea glauca* (Moench) Voss. Mém. Maître ès sciences, Univ. Laval, Québec 34 P.
- Mordue A. J., 1979.- The role of the maxillary and labial palps in the feeding behaviour of *Schistocerca gregaria*. *Entomol. Exp. & Appl.*, vol. 25 : 279-288.
- Mordue A.J., Cottee P.K. et Evans K.A., 1985.-Azadirachtin : its effect on gut motility, growth and moulting in *Locusta*. *Physiol. Ent.*, 10: 431-437.
- Moréteau B., 1991.- Etude de certains aspects de la physiotoxicologie d'insecticides de synthèse chez le Criquet migrateur : *Locusta migratoria* R. & F In : Aupelf-uref (Ed.) La Lutte Anti-acridienne. John Libbey Eurotext, Paris. pp : 167-178.
- Morgan N., Hope R., Cairns V. et Aldred D., 2003.-Post harvest fungal ecology : Impact of fungal growth and mycotoxin accumulation in stored grain. *European Journal of Plant Pathology*, 109, 723–730.
- Moumen K., 1997.- «La transformation phasaire chez le criquet pèlerin *S. gregaria* (Forskål, 1775). Mécanisme et action de l'alimentation». Thèse de DEA, Fac., Scien., Biol., Univ., Tunis, 36 p.
- Moumen K., 1997.- «La transformation phasaire chez le criquet pèlerin *S. gregaria* (Forskål, 1775). Mécanisme et action de l'alimentation». Thèse de DEA, Fac., Scien., Biol., Univ., Tunis, 36p.
- Moussa A., 2003.- Effet de l'huile de neem (*Azadirachata indica*) sur quelques paramètres biologiques et physiologiques de *Locusta migratoria* (Linnée, 1758) et *Locusta migratoria migratorioides* (Ret F 1850) (Orthoptera- Acrididae). Thèse Magister, Sci. Agro. Inst. Nati. Agro., El-Harrach, 123p.
- Munir C., Zaïdi M.I., Nasir-Ahmadtta-ur-Rahman., Ahmad-N., 1995.- An easy rapid metal mediated method of isolation harmine and harmaline from *Peganum harmala*. *Fitoterapia* 66: 73-76 .

- Nabors M., 2008.- Biologie végétale (structure, fonctionnement, écologie et biotechnologie). Ed. Nouveaux horizons. Paris, 614 p.
- Nagaya Y., Tobita T., Nagae H., Itokawa K., Takeya A. F., Halim. et Abdel-Halim O. B., 1997.- Phytochemistry., vol. 44: 1115.
- Nenaah G., 2010.- Antibacterial and antifungal activities of (beta)-carboline alkaloids of *Peganum harmala* (L) seeds and their combination effects. *Fitoterapia*, vol. 81:779–82.
- Ngamo L. S. T. et Hance T. H., 2007.- Diversité des ravageurs, des denrées et méthodes alternatives de luttés en milieu tropical. *Tropiculture*, 25(4): 215-220.
- Ould Ahmedou M. L., Bouaichi A. et Idrissi Hassani L. M., 2001.- Mise en évidence du pouvoir répulsif et toxique de *Glinus lotoides* (Aizoacées) sur les larves du criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* Forskål (Orthoptera, Acrididae). *Zool. baetica*, 12: 109-117.
- Ould Babah M. A., 2006.- Le Criquet pèlerin Un risque pour la sécurité alimentaire : Expériences en Afrique du Nord-Ouest. Centre National de Lutte Antiacridienne Mauritanie. 24p.
- Ould El Hadj A. et Ould Ahmedou M. L., 1999.-Étude du choix alimentaire du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. *Sahel IPM*, vol. 14: 32.
- Ould El Hadj M. D., Dan-Badjo A. T., Halouane F. et Doumandji S., 2006.- Toxicité comparée des extraits de trois plantes acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* Forskål, 1775 (Orthoptera-Cyrtacanthacridinae). *Sécheresse* 2006 ; 17 (3) : 407-414.
- Ould El Hadj M. D., 2002.- Etude du régime alimentaire des cinq espèces d'acridiens dans les conditions naturelles de la cuvette d'Ouargla (Algérie). *L'entomologiste* : 197-209.
- Ould El Hadj M. D., Tankari Dan-Badjo A. et Halouane F., 2003.- Etude comparative de la toxicité de trois substances acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* forskål, 1775 (orthoptera, cyrtacanthacridinae). *Courrier du Savoir*, 3 : 81-86.
- Ould El Hadj M. D., Tankari Dan-Badjo A., Halouane F. et Doumandji S., 2006.- Toxicité comparée des extraits de trois plantes acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Cyrtacanthacridinae). *Sécheresse*, 17(3) : 407-414.
- Ould El Hadj M. D., Tankari Dan-Badjo1 A. et Halouane F., 2004.- Etude du cycle biologique de *schistocerca gregaria* (forskål, 1775) sur chou (*brassica oleracea*) en laboratoire. *Courrier du Savoir*, vol. 05 : 17-21.
- Ould Mohamed Sidya A., 1973b. – Rapports de prospection dans le nord-ouest de la Mauritanie et au Sahara espagnol – Coll. : Stations de recherche acridienne sur le terrain. *Séries Techniques*. – FAO : Rome. 35p.
- Outtar F., 2009. - Utilisation de trois biopesticides sur le criquet *Migrateur Locusta migratoria* (Oedipodinae ; Acrididae) (Linné ; 1758). Thèse Magister, Inst. nati. agro. El Harrach, 186p.

- Ozanda P., 1991.- Flore et végétation du Sahara. (3éme édition, augmentée). Ed. CNRS, Paris : 662 p.
- Ozenda P., 1977.- Flore du Sahara, Ed du CNRS : 312-322.
- Pasquier R. et Gerbinot B., 1945.- Utilisation du mélia pour la protection des cultures contre les invasions de la sauterelle pèlerine. Bull. Sem. Off. Nat. Lutte antiacridien 2(2) : 17-23.
- Philogène B.J.R., 1991.- L'utilisation des produits naturels dans la lutte contre les insectes : problèmes et perspectives. La lutte anti-acridienne. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris, 269-278.
- Popov G. B., Duranton J. F. et Gigault T., 1991.- Etude des biotopes du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) en Afrique du Nord occidentale. Mini. Coop. Dével., CIRAD/ PRIFAS, Montpellier, 753 p.
- Popov G. B., Launois-Luong M. H. et Weel J. V. D., 1990.- Les oothèques des criquets du Sahel. Collection Acridologie Opérationnelle N°7, Ed. CIRAD/PRIFAS, France, 92 p.
- Prokopy R.J. et Owen D., 1983. -Visual detection of plants by herbivorous insects. Ann. Rev. Entomol., vol. 28 : 337-364.
- Proux J., 1991.-La régulation hormonale du métabolisme hydrique chez les criquets grégarisables. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris : 129-134.
- Proux J., Alaoui A., Moréteau B. et Baskali A., 1993.- Deltaméthrin induit dérégulation of the water balance in the migratory Locust. Comp. Biochemistry and physiology, 106: 351-357.
- Quezel P. et Santa S., (1963).- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed Centre National de la recherche scientifique. Tome 1, 386 p.
- Raccaud-Schoeller J., 1980.- Les insectes physiologie, développement. Ed. Masson, Paris, 296 p.
- Raccaud-Schoeller J., 1980.- Les insectes, physiologie et développement. Ed. Masson, Paris, 296 p.
- Ramade F., 2007.- Introduction à l'écotoxicologie : Fondements et applications. Ed. Lavoisier Tec & Doc. 618p.
- Rao P.J. et Mehrotra K.N., 1977. - Phagostimulants and Antifeedants from *Calotropis gigantea* for *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Indian Journal of Experimental Biology, 15(2) :148-150.
- Rao P.J. et Mehrotra K.N., 1977. - Phagostimulants and Antifeedants from *Calotropis gigantea* for *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Indian Journal of Experimental Biology, 15(2) :148-150.
- Rao P.J. et Subrahmanyam B., 1986.- Azadirachtin induced changes in development, food utilisation and haemolymph constituents of *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). J. Appl. Ent., 102 :217-224.
- Rattan R. S., 2010.- Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. Crop Protection, 29 :913–920.

- Raubenheimer D. et Simpson S. J., 2000.-The hungry locust. Advances in the Study of Behavior, vol. 29 : 1–44.
- Regnault-Roger C., Fabres G. et Philogene B., 2005.- Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement. Ed. Lavoisier Tec et Doc, Paris, 749 p.
- Rembold. 1997.- *Melia volkensii* : a natural insecticide against desert locusts. In S. Krall: New strategies in locust control: 185-191.
- Russell E.W, 1973.-Soil conditions and plant growth. Longman, London.
- Saadabi A. M., 2006.- Antifungal activity of some Saudi plants used in traditional medicine. *Asian J Plant Sci*, vol.5:907–9.
- Saisonou J., 2004.- Criquets Sacrées sauterelles ! défis sud 65, pp : 12 -14.
- Salvador M.D., Aranda F., Gomez-Alonso S. et Fregapane G., 2003.- Influence of extraction system, production year and area on Cornicabra virgin olive oil : a study of five crop seasons. *Journal of Food Chemistry*. 80(3) : 359-366.
- Schmutterer H., 1990.- Properties and potential of natural pesticides from the neem tree *Azadirachta indica*. *Annual Review of Entomology*, vol. 35: 493 – 500.
- Scofield A. M., Fellows L. E., Nash R. J. et Fleet G. W. J., 1986.- Inhibition of mammalian digestive disaccharidases by polyhydroxy alkaloids. *Life Sci*. 39, 6455-650.
- Sharaf M., Mansour R.M.A. et Saleh N.A.M., 1992.-Exudate flavonoids from aerial parts of four Cleome species. *Biochem Syst Ecol* 20:443–8.
- Siddiqui S., Khan O. Y., Faizi S. et Siddiqui B. S., 1988.- Studies in the chemical constituents of the seeds of *Peganum harmala*: Isolation and structure elucidation of two β -carboline lactams, harmalanine and harmalacidine. *Heterocycles*, vol. 27: 1401-1410.
- Sieber K. P. et Rembold H., 1983.- The effect of *Azadirachta indica* on the endocrine control of moulting in *Locusta migratoria*. *Journal of Insect Physiology*, 29: 523-527.
- Siegert K., Morgan P. et Mordue W., 1985.- Primary structures of locust adipokinetic hormones II. *Biological Chemistry Hoppe-Seyler*, vol. 366 (2) :723–72.
- Silvy c., 1991.- Quantifications... le phytosanitaire. *Courrier de la Cellule Environnement de l'INRA n° 18*. INRA, station de recherches de Lutte biologique, La Minière, 78285 Guyancourt cedex : 29-43.
- Simps On S.J. et Raubenheimer D., 1993.- The geometry of compensatory feeding in the locust. *Animal Behavior*, vol. 45: 953–964.
- Simpson S. J., 1982.- Changes in the efficiency of utilisation of food throughout the *fifth instar nymphs* of *Locusta migratoria*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 31: 265-275.
- Sinoir Y., 1969. -Le rôle des palpes et du labre dans le comportement de prise de nourriture chez les larves du criquet migrateur. *Ann. Nutr. Ah.*, vol. 23 : 167-194.
- Siramon P., Ohtani Y. et Ichiura H., 2009.- Biological performance of *Eucalyptus camaldulensis* leaf oils from Thailand against the subterranean termite *Coptotermes formosanus* Shiraki. *The Japan Wood Research Society*, 55(1) :41-46.

- Soni P., Siddiqui A.A. et Dwivedi J., 2012.- Pharmacological properties of *Datura stramonium* L. as a potential medicinal tree : An overview. *Asian Pac J Trop Biomed*, vol. 2 (12) : 1-7.
- Staedler E., 1982. - Sensory physiology of Insects-Plants relationships. Round table discussion. Proc. 5th. Znt. Symp. InsectPlant relationships. Wageningen, Visser & Minks éd : 81-90.
- Stéphan P., 2002.- Les antimuscariniques.
- Strebler G., 1978.- L'activité osidasique des enzymes digestifs de *Schistocerca gregaria* Forsk. Données quantitatives nouvelles. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, 10 (1), 85-96.
- Suchail S., Belzunces L. et Vaissière B., 2003.- Toxicité aiguë de l'imidaclopride et de ses métabolites chez l'abeille domestique "*Apis mellifera*". *Abeilles et Fleurs*, n°643 : 27-30.
- Symmons P. M. et Cressman K., 2001.- Directives sur le Criquet pèlerin ; Biologie et comportement. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture Rome, 26 p.
- Tail G. et Doumandji -Mitiche B., 2005.- Effet acridifuges des plantes *Melia azedarach*, *Nerium oleander* et *Inula viscosa* et de leurs extraits sur le comportement alimentaire du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria*. 7 ème Journée Nationale d'Acridologie. 17p.
- Tail G., 1998.-Action de quelques substrats alimentaires sur quelques paramètres biologiques de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, acrididae). Efficacité entomopathogène de *P. fluorescens* (Pseudomonasaceae) sur quelques aspects physiologiques du criquet pèlerin. Thèse magister, Sciences agronomiques, Institut national agronomique (Ina), El Harrach-Alger, 190 p.
- Takhi D. M. Ouinten. et Yousfi M., 2011.- *Adv. Environ. Biol.*, vol. 5 : 469.
- Tedonkeng pamo E., Tapondjou L., Tenekeu G. et Tendonkeng F., 2002.- Bioactivité de l'huile essentielle des feuilles de l'*Ageratum houstonianum* Mill sur les tiques (*Rhipicephalus appendiculatus*) de la chèvre naine de Guinée dans l'ouest Cameroun. *Tropicultura*, vol. 20 (3) : 109-112.
- Thierry D., Fillet M., Mergeai G., Dieng A. et Hornick J. L., 2012.- Principes toxiques, toxicité et technologie de détoxification de la graine de *Jatropha curcas* L. Base [En ligne], volume 16 (4) : 531-540.
- Thorsteinson A. J., 1960.- Host selection in phytophagous insects. *Ann. Rev. Ent.*, 5 : 193-218.
- Tigrine C., Bulzomi P., Leone S., Bouriche H., Kameli A. et Marino M., (2013).- *Cleome arabica* leaf extract has anticancer properties in human cancer cells. *Pharmaceutical Biology*, vol. 51(12) : 1508–1514.
- Uvarov B. P., 1928.- Grasshopper and book for their study and control. Ed. Imperial officine on entomology, London, 353 p.

- Uvarov B. P., 1977.- Grasshoppers and locusts. A handbook of general acridology. II : Behaviour, ecology, biogeography population dynamics. London, Centre for Overseas Pest Research.
- Vet L. E. M. et Dicke M., 1992.- Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annu. Rev. Entomol*, vol. 37: 141-172.
- Vincent C. et Coderre D., 1992. - La lutte biologique. Ed. Gaëtan morin, Canada, 671 p.
- Wagner H. et Bladt S., 1996.- Plant drug analysis, thin layer Chromatography in phytochemistry. Second edition. Berlin ; Heidelberg : Springer Verlag.
- Walbauer G. P., 1968.- The utilization and consumption of food by insects. *Journal of Insect physiology*, vol. 5: 229-288.
- Waloff Z., 1966. – The upsurges and recessions of the Desert locust plague : an historical survey. – *Anti-Locust Memoir*. London, vol. 8 : 1-111.
- Wang X., Wang H. et He A., 1996.- Study on the antitumor effect of total harmala. *J. China. Med. Univ*, vol. 25:240–2.
- Who-Unep, 1989.- Public health impact of pesticides used in agriculture. World Health Organization-United Nations Environment Programme. Genève, Suisse.
- Wolff J .P. 1968. - Manuel d'analyse des corps gras. Ed. Azoulay.
- Zouiten H., Abbassi K., Atay-Kadiri Z., Mzari M., El Mahi M. et Essassi E.M., 2006.- Insecticidal activity of *Solanum sodomaeum* (Solanaceae) extracts on *Schistocerca gregaria* (Forskål) larvae. *Journal of Orthoptera Research*, 15 (2) :171-173.

Résumés

Action des huiles de graines lourdes de trois plantes spontanées du Sahara Algérien sur quelques paramètres biologiques du Criquet pèlerin

Résumé-

L'objectif de notre étude est de tester les effets létaux et sub-létaux des huiles de graines lourdes de trois plantes spontanées du Sahara Algérien, dont *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) et *Datura stramonium* L. (Solanaceae) sur les larves L₅ et les imagos de *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera-Acrididae). La technique de traitement consiste à injecter une dose d'huile végétale dans l'œsophage de l'insecte à l'aide d'une micropipette. Le choix des doses d'huile de graines pure injectées aux larves L₅ et aux imagos de *S. gregaria* est respectivement de 60 µl/individu et 120 µl/individu. L'injection buccale forcée des huiles végétales lourdes chez les larves L₅ et les imagos traitées de *S. gregaria* a montré divers symptômes toxicologiques, soit des troubles du mouvement, diarrhées, réduction de la prise de nourriture, pertes du poids, troubles digestifs, retard et difficultés de muer et dans les cas les plus extrêmes, la morte. Les larves L₅ de *S. gregaria* traitées par l'huile de graines de *P. harmala* ont enregistré un taux de mortalité de 50% au bout de 12 jours. De plus, les larves L₅ traitées avec l'huile de graines de *C. arabica* ont obtenu un taux de mortalité de 63,63% après 16 jours de traitement. Alors que, on a obtenu avec l'huile de graines de *D. stramonium* un taux de mortalité de 100% après seulement 7 jours de traitement. Il paraît que l'huile de graines le plus toxique sur les larves L₅ de *S. gregaria* soit celle de *D. stramonium* suivie de l'huile de *C. arabica* et enfin celle de *P. harmala*. Par ailleurs, les imagos de *S. gregaria* traitées par les huiles de graines de *P. harmala* et *C. arabica* ont montré des taux de mortalité de 50% et de 45,45% respectivement après 29 jours. Alors que, les imagos traitées avec l'huile de graines de *D. stramonium* ont obtenus un taux de mortalité de 100% après 13 jours. De même, L'huile de graines de *D. stramonium* s'avère également plus toxique pour les imagos de *S. gregaria* que les huiles de graines de *P. harmala* et de *C. arabica*. En plus, il est apparu que les imagos sont plus sensibles à l'action létale provoqué par l'huile de graines de *P. harmala* par apport à l'huile de graines de *C. arabica*. L'évaluation du temps létal 50 (TL₅₀), a montré que les TL₅₀ les plus courts sont enregistrés chez les larves L₅ traitées à l'huile de graines de *D. stramonium*, il est de 3,54 jours chez les larves L₅ mâles et de 5,97 jours chez les larves L₅ femelles, suivies par les larves L₅ mâles traitées par l'huile de graines de *C. arabica* avec 7,6 jours, puis celui des larves L₅ mâles traitées avec l'huile de graines de *P. harmala* avec 8,47, ensuite celle des larves L₅ femelles traitées par l'huile de graines de *P. harmala* et *C. arabica* avec 9,5 jours et 11,09 jours respectivement. Par ailleurs, chez les imagos de *S. gregaria* les TL₅₀ les plus courts sont enregistrés chez les imagos traitées par l'huile de graines de *Datura stramonium*, avec 5,62 jours chez les mâles et 5,74 jours chez les femelles, ensuite celui des imagos femelles et mâles traitées par l'huile de graines de *P. harmala* avec 22,52 jours et 23,48 jours respectivement. Les TL₅₀ les plus élevées sont enregistrées chez les imagos traitées par l'huile de graines de *C. arabica*, avec 24,54 jours chez les imagos mâles, et enfin celle des imagos femelles avec 27,23 jours. Parallèlement, il semble que l'action létale d'huile de graines de *D.*

stramonium soit plus rapide comparativement aux deux huiles de graines de *P. harmala* et *C. arabica* chez ce criquet. Les effets dissuasifs des huiles de graines testées sur l'appétit et la digestion de ce criquet se reflètent par les pertes en poids enregistrées chez les larves L₅ et les imagos de *S. gregaria* traitées. Les larves L₅ de *S. gregaria* traitées par les huiles de graines de *P. harmala* et *C. arabica* présentent un faible gain de poids de l'ordre de 15,64±31,35% et de 14,28±38,74% respectivement. Tandis que, les larves L₅ traitées avec l'huile de graines de *D. stramonium* montrent une chute du poids de l'ordre de -17,55±36,97%. Par ailleurs, on a observé une réduction du gain de poids chez les imagos de *S.gregaria* traitées avec les huiles de graines de *C.arabica* et *P. harmala*, qui sont respectivement de l'ordre de 21,28±22,65% et de 15,51±31,35%. Alors que les imagos de *S.gregaria* traitées par l'huile de graines de *D.stramonium* ont enregistré une chute de gain du poids de l'ordre de -22,44±25,02%. Les trois huiles végétales lourdes testées ont des effets toxiques sur les larves L₅ et les imagos de *S. gregaria*, les effets toxiques varient selon l'huile de graines injectée, la dose du traitement, le sexe et le stade de développement de l'insecte.

Mots clés : Toxicités, *Schistocerca gregaria*, *Peganum harmala*, *Cleome arabica*, *Datura stramonium*, huile de graines lourdes, Sahara algérien.

Action of heavy seed oils from three spontaneous plants from the Algerian Sahara on some biological parameters of the Desert Locust

Abstract-

Our study's objective is to test the lethal and sub-lethal effects of heavy seed oils from three spontaneous plants from the Algerian Sahara, which are *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) and *Cleome arabica* L. (Capparidaceae) and *Datura stramonium* L. (Solanaceae) against L₅ larvae and imagos of *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera-Acrididae). The treatment technique consists of injecting a dose of pure seed oil into the insect's esophagus using a micropipette. The seed oil doses injected into L₅ larvae and imagoes of *S. gregaria* are 60 µl/individual and 120 µl/individual, respectively. The doses injected into L₅ larvae and imagoes of *S. gregaria* are 60 µl/individual and 120 µl/individual, respectively. Forced buccal injection of heavy vegetable oils in treated L₅ larvae and imagoes of *S. gregaria* showed various toxicological symptoms, i.e. movement disorders, diarrhea, reduction in food intake, weight loss, digestive disorders, retardation and difficulties in molting and in the extreme cases, death. *S. gregaria* L₅ larvae treated with *P. harmala* seed oil showed a mortality rate of 50% after 12 days. In addition, L₅ larvae treated with *C. arabica* seed oil had a mortality rate of 63.63% after 16 days of treatment. Whereas we obtained with *D.stramonium* seed oil a mortality rate of 100% after only 7 days of treatment. It seems that the most toxic seed oil on the L₅ larvae of *S.gregaria* is that of *D.stramonium* followed by the oil of *C.arabica* and finally that of *P.harmala*. In addition, imagos of *S. gregaria* treated with *P. harmala* and *C. arabica* seed oils showed mortality rates of 50% and 45.45% respectively after 29 days. Whereas, imagoes treated with *D.stramonium* seed oil reached 100% mortality rate after 13 days. Similarly, *D.stramonium* seed oil is also found to be more toxic to *S.gregaria* imagos than *P.harmala* and *C.arabica* seed oils. In addition, it appeared that imagos are more sensitive to the lethal action caused by the seed oil of *P.harmala* compared to the seed oil of *C.arabica*. The evaluation of lethal time 50 (TL₅₀), showed that the shortest TL₅₀ are recorded in L₅ larvae treated with *D.stramonium* seed oil, it is 3.54 days in male L₅ larvae and 5.97 days in female L₅ larvae, followed by male L₅ larvae treated with *C. arabica* seed oil with 7.6 days, then that of male L₅ larvae treated with *P. harmala* with 8.47, then that of female L₅ larvae treated with *P.harmala* and *C.arabica* seed oil with 9.5 days and 11.09 days respectively. Moreover, in *S. gregaria* imagos the shortest TL₅₀ are recorded in imagos treated with *D. stramonium* seed oil, with 5.62 days in males and 5.74 days in females, then that female and male imagos treated with *P.harmala* seed oil with 22.52 days and 23.48 days respectively. The highest TL₅₀ are recorded in imagos treated with *C. arabica* seed oil, with 24.54 days in male imagos, and finally that of female imagos with 27.23 days. At the same time, it seems that the lethal action of *D.stramonium* seed oil is faster compared to the two seed oils of *P.harmala* and *C.arabica* in this locust. The deterrent effects of the tested seed oils on the appetite and digestion of this locust are reflected in the weight losses recorded in

the L₅ larvae and treated imagoes of *S. gregaria*. *S.gregaria* L₅ larvae treated with *P.harmala* and *C.arabica* seed oils show a low weight gain of around 15.64±31.35% and 14.28±38.74% respectively. While, L₅ larvae treated with *D.stramonium* seed oil show a drop in weight of -17.55±36.97%. In addition, a reduction in weight gain was observed in imagos of *S. gregaria* treated with *C. arabica* and *P. harmala* seed oils, which are respectively of the order of 21.28 ± 22.65% and 15.51±31.35%, while the imagos of *S. gregaria* treated with *D. stramonium* seed oil recorded a drop in weight gain of the order of -22.44 ± 25.02%. The three heavy vegetable oils tested have toxic effects on L₅ larvae and imagos of *S. gregaria*, the toxic effects vary with the injected seed oil, the treatment dose, the sex and the development stage of the insect.

Key words: Comparative toxicités, *Schistocerca gregaria*, *Peganum harmala*, *Cleome arabica*, *Datura stramonium*, heavy seed oil, Algerian Sahara.

مقارنة التأثير السمي للزيوت الثقيلة المستخلصة من بذور ثلاثة نباتات تلافانية من صحراء الجزائر على بعض المعايير البيولوجية للجراد الصحراوي

الملخص-

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو اختبار المفعول المميت أو الأثار الجانبية السامة التي يمكن أن تظهر على افراد الجراد الصحراوي سواء كانت يرقات من المرحلة الخامسة أو حشرات بالغة نتيجة تعرضها للحقن على مستوى الفم بثلاثة أنواع من الزيوت الثقيلة استخلصت من بذور ثلاثة نباتات تلافانية متواجدة بصحراء الجزائر. تقنية الاختبار تعتمد على حقن جرعة محددة من الزيت النقي بواسطة الماصة الدقيقة على مستوى مرئ الحشرة، في هذه الدراسة جرعة الزيت النقي التي تم اختيارها بالنسبة ليرقات المرحلة الخامسة هي 60 ميكرو لتر/الفرد، أما بالنسبة للحشرات البالغة فهي 120 ميكرو لتر/ الفرد. تظهر على أفراد الجراد الصحراوي (يرقات المرحلة الخامسة والحشرات البالغة) المعاملة بزيوت البذور الثقيلة أعراض تسمم والتي تتمثل في اضطرابات حركية، اسهال، نقص في تناول الغذاء، نقص في الوزن، اضطرابات في الهضم، تأخر وصعوبة في الإنسلاخ وفي الحالات القصوى تؤدي الى الموت. ظهرت على يرقات المرحلة الخامسة للجراد الصحروية المعاملة بزيت بذور *P.harmala* نسبة وفيات تصل الى 50% بعد 12 يوم، اما يرقات المرحلة الخامسة المعاملة بزيت بذور *C.arabica* سجلت نسبة وفيات تقدر ب 63,63% بعد 16 يوم ام زيت بذور *D.stramonium*. سبب موت 100% من افراد اليرقات المرحلة الخامسة. يعتبر زيت بذور *D.stramonium* الأكثر سمية على يرقات المرحلة الخامسة للجراد الصحراوي ثم يليه زيت بذور *C.arabica* و في الأخير زيت *P.harmala*. أظهرت حشرات الجراد الصحراوي البالغة المعاملة بزيت *P.harmala* و زيت *C.arabica* نسبة وفيات تقدر ب 50% و 45,45% بالترتيب و ذلك بعد 29 يوم من الاختبار, اما زيت بذور *D.stramonium* سبب موت جميع أفراد الجراد البالغة بنسبة تقدر 100% بعد 13 يوم. نجد أن زيت بذور *D.stramonium* هو أكثر سمية حتى بالنسبة لأفراد الجراد الصحراوي البالغة ثم يليه زيت *P.harmala* ثم زيت *C.arabica* , بالإضافة الى ذلك ظهر ان الحشرات البالغة هي اكثر حساسية لزيت بذور *P.harmala* مقارنة بزيت بذور *C.arabica*. اظهر تقييم الوقت الازم لموت 50% (TL₅₀) من المجموعة المعاملة بالزيوت ان اقصر (TL₅₀) سجل عند يرقات المرحلة الخامسة المعاملة بزيت بذور *D.stramonium* ب 3,54 يوم بنسبة للذكور وب 5,97 يوم بالنسبة للإناث متبوع ب (TL₅₀) يرقات ذكور المعاملة بزيت بذور *C.arabica* ب 7,6 يومه, ثم يليه (TL₅₀) يرقات إناث المعاملة بزيت بذور الحرمل و بذور *C.arabica* ب 9,5 يوم و 11,09 يوم على التوالي اما عند الحشرات البالغة للجراد الصحراوي (TL₅₀) الأقصر سجل عند الحشرات البالغة المعاملة بزيت بذور *D.stramonium* ب 5,62 يوم عند الذكور ثم يليه (TL₅₀) الاناث ب 5,74 ثم يتبع ب (TL₅₀) المسجل عند ذكور و إناث حشرات البالغة المعالجة بزيت الحرمل ب 22,52 يوم و 23,48 يوم على التوالي. ثم تسجيل أعلى (TL₅₀) (عند الحشرات البالغة المعالجة بزيت بذور *C.arabica* ب 24,54 يوم عند ذكور حشرات البالغة يتبع ب (TL₅₀) المسجل عند الاناث ب 27,23 يوم في الوقت نفسه يبدو أن زيت بذور *D.stramonium* ظهر أسرع من حيث السمية بالمقارنة مع زيت *P.harmala* و *C.arabica* عند أفراد الجراد الصحراوي البالغة. ينعكس تأثير هذه الزيوت على شهية وهضم الجراد للغذاء والذي يتجسد في فقدان الوزن المسجل عند يرقات المرحلة الخامسة والحشرات البالغة للجراد الصحراوي المعاملة. يرقات المرحلة الخامسة للجراد الصحراوي المعاملة بزيت بذور *P.harmala* و *C.arabica* أظهرت زيادة منخفضة في الوزن بحوالي 15,64% و 14,28% على التوالي. بينما أظهرت يرقات المرحلة الخامسة المعاملة بزيت بذور *D.stramonium* إنخفاضاً في الوزن بنسبة - 17,55% بالإضافة إلى ذلك لاحظنا إنخفاض في زيادة الوزن للحشرات البالغة للجراد الصحراوي المعاملة بزيت بذور *C.arabica* و *P.harmala* بنسبة 21,28% و 15,51% على التوالي, بينما الحشرات البالغة للجراد الصحراوي المعاملة بزيت بذور *D.stramonium* سجلت انخفاض في زيادة الوزن بنسبة -22,44%. الزيوت الثلاثة النباتية الثقيلة التي تم إختبارها بينت أن لديها تأثير سام على يرقات المرحلة الخامسة والحشرات البالغة للجراد الصحراوي, في الأخير نستنتج أنه تختلف تأثير زيوت البذور الثقيلة المحقونة حسب جرعة العلاج, الجنس, ومرحلة تطور الحشرة.

الكلمات المفتاحية: الجراد الصحراوي، السمية، زيوت البذور الثقيلة، *P.harmala* , *D.stramonium* , *C.arabica* صحراء الجزائر.