

UNIVERSITE DE TLEMCCEN
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
et Sciences de la Terre et de l'Univers

Département d'Ecologie et Environnement

Laboratoire de recherche
Valorisation des Actions de l'Homme pour la Protection de l'Environnement et
Applications en Santé Publique

THESE

En vue de l'obtention du

Diplôme de Doctorat

en Biologie Option : Ecologie animale

Thème

Activité biologique des poudres et des huiles essentielles de deux
plantes aromatiques (*Pseudocytisus integrifolius* Salib et *Nepeta
nepetella* L.) sur les ravageurs du blé et des légumes secs"

Présentée par **M^{me} KASSEMI Naima**

Soutenue le **18/11** /2014

Devant le jury composé de:

Président :	M^r BOUHRAOUA Tarik Rachid	Professeur	Université de Tlemcen
Directeur de Thèse :	M^r KHELIL Mohamed Anouar	Professeur	Université de Tlemcen
Examineurs :	M^r BENMANSOUR Abdelhafid	Professeur	Université de Tlemcen
	M^r BOUNECHADA Mustapha	Professeur	Université de Sétif
	M^{me} DOUMANDJI-MITICHE Bahia	Professeur	E.N.S.A El Harrach
	M^{lle} BENIA Farida	M.C.A	Université de Sétif 1

Année universitaire 2014/2015

Remerciements

Mes remerciements les plus vifs s'adressent à mon directeur de thèse, le professeur KHELIL M A, qui m'a accordé l'honneur de diriger ce travail, sa précieuse aide, ses encouragements et ses conseils.

J'exprime ma profonde gratitude à Monsieur BOUHRAOUA T., Professeur à l'université de Tlemcen d'avoir accepté la présidence du jury de cette thèse, qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.

A Monsieur BENMANSOUR Abdelhafid., Professeur à l'Université de Tlemcen, qu'il veuille accepter mes sincères remerciements pour avoir bien voulu juger ce travail.

J'exprime également ma reconnaissance à Monsieur BOUNECHADA Mustapha, Professeur à l'Université de Sétif qui a accepté de participer à ce jury.

Mes remerciements vont également à Madame DOUMANDJI-MITICHE Bahia Professeur à l' E.N.S.A El Harrach, pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant de participer à mon jury de these.

Mes remerciements s'adressent également à Mademoiselle BENIA Farida., Maitre de conférence à l'université de Sétif, qui à bien voulu accepter de faire partie du jury

Ma gratitude et ma reconnaissance sont adressées à Monsieur SELES M.A.A et au Professeur BENDAHOU M à l'Université de Tlemcen, pour nous avoir permis de réaliser l'extraction des huiles.

Mes remerciements s'adressent à toutes les personnes qui ont contribuées de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail

A mes chers parents,

Et particulièrement à ma très chère mère qui rien au monde ne pourra compenser tous les sacrifices qu'elle a consentis pour notre bien et pour notre éducation, que dieu la garde et lui donne longue vie et une prospère santé pour qu'a mon tour je puisse la combler de tous ce qu'elle mérite.

A mon mari,

A mes chers frères et à leurs épouses

Et à la tribu joyeuse de mes neveux et nièces

Naima

Liste des figures

Figure 1 : <i>Callosobruchus maculatus</i> (F) Adulte. G 10x2 (Photo originale)	4
Figure 2 : Les graines de pois chiche endommagées par <i>Callosobruchus maculatus</i> (Photo originale).....	6
Figure 3 : <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Say) Adulte G 10x2 (Photo originale)	7
Figure 4 : Les graines d'haricot endommagées par <i>Acanthoscelides obtectus</i> (Photo originale)	9
Figure 5 : <i>Sitophilus granarius</i> (L) adulte G :10x2 (Photo originale).....	11
Figure 6 : Les grains de blé dur endommagés par <i>Sitophilus granarius</i> Photo originale.	13
Figure 7 : <i>Rhyzopertha dominica</i> (F) adulte G : 10x2 (Photo originale)	14
Figure 8 : Les grains de blé endommagés par <i>Rhyzopertha dominica</i> G : 10x2 (Photo originale)	15
Figure 9 : <i>Tribolium castaneum</i> adulte G : 10x2 (Photo originale)	16
Figure 10 : Dégâts de <i>Tribolium castaneum</i> sur la semoule (Photo originale)	18
Figure 11 : <i>Pseudocytisus integrifolius</i> ssp <i>vella glabrescens</i> Coss (Photo originale)	19
Figure 12 : <i>Nepeta nepetella</i> ssp. <i>amethystina</i>	22
Figure 13 :Elevage de masse des buches <i>Acanthoscelides obtectus</i> et <i>callosobruchus</i> <i>maculatus</i>	31
Figure 14 : Elevage de masse des ravageurs de blé : <i>Sitophilus granarius</i> , <i>Rhyzopertha</i> <i>dominica</i> et <i>Tribolium castaneum</i>	31
Figure 15: Trou de ponte de <i>Sitophilus granarius</i> sur les grains de blé dur G : 10x2 (photo originale)	32
Figure 16 : Dimorphisme sexuelle chez <i>Tribolium castaneum</i> G 10x2 (Photo originale)	33
Figure 17 : Dimorphisme sexuelle chez <i>Acanthoscelides obtectus</i> G 10x2 (Photo originale)	34
Figure 18 : Dimorphisme sexuelle chez <i>Callosobruchus maculatus</i> G 10x2 (Photo originale)	34
Figure 19 : Dimorphisme sexuelle chez <i>Rhyzopertha dominica</i> G 10x2 (Photo originale)	34
Figure 20 : Accouplement chez <i>Sitophilus granarius</i> G 10x2 (Photo originale)	35
Figure 21 : Dispositif d'hydrodistillation (Photo originale)	37
Figure 22 : insecticide commercialisé DELTACIS 5DP (Photo originale)	42

Figure 23 : Insecticide commercial DE DE VAP 50% (Photo originale)	43
Figure 24 : dispositif expérimental des tests d'inhalation	44
Figure 25 : Cycle de vie de <i>Callosobruchus maculatus</i> sur les graines de pois chiche dans les conditions de laboratoire (Photos originales)	46
Figure 26 : Cycle de vie d' <i>Acanthoscelides obtectus</i> sur les graines de Haricot dans les conditions de laboratoire (Photos originales)	47
Figure 27 : Cycle de vie de <i>Sitophilus granarius</i> sur les grains de blé dur dans les conditions de laboratoire (Photos originales)	48
Figure 28 : Cycle de vie <i>Rhyzopertha dominica</i> sur les grains de blé dur dans les conditions de laboratoire (Photos originales)	49
Figure 29 : Cycle de vie <i>Tribolium castaneum</i> sur les grains de blé dur dans les conditions de laboratoire (Photos originales)	50
Figure 30: Evolution de la mortalité des adultes de <i>Callosobruchus maculatus</i> en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de <i>Pseudocytisus integrifolius</i>	55
Figure31: Evolution de la mortalité des adultes de <i>Callosobruchus maculatus</i> en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de <i>Nepeta nepetella</i>	56
Figure 32 : Evolution de la mortalité des adultes d' <i>Acanthoscelides obtectus</i> en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de <i>Pseudocytisus .integrifolius</i>	57
Figure 33 : Evolution de la mortalité des adultes d' <i>Acanthoscelides obtectus</i> en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de <i>Nepeta nepetella</i>	57
Figure 34: Evolution de la mortalité des adultes de <i>Sitophilus granarius</i> en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de <i>Pseudocytisus integrifolius</i>	58
Figure 35 : Evolution de la mortalité des adultes de <i>Sitophilus granarius</i> en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de <i>Nepeta nepetella</i>	59
Figure 36 : Evolution de la mortalité des adultes de <i>Rhyzopertha dominica</i> en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de <i>Pseudocytisus integrifolius</i>	60
Figure 37: Evolution de la mortalité des adultes de <i>Rhyzopertha dominica</i> en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de <i>Nepeta nepetella</i>	60
Figure 38: Evolution de la mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de <i>Pseudocytisus integrifolius</i>	61
Figure 39: Evolution de la mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de <i>Nepeta nepetella</i>	62

Figure 72 : Nombre moyen d'émergence des adultes de <i>Rhyzopertha dominica</i> selon les différentes doses et le type d'huile utilisé	102
Figure 73 : Nombre moyen d'émergence des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> selon les différentes doses et le type d'huile utilisé	103
Figure 74 : Evolution de la mortalité des adultes de <i>Callosobruchus maculatus</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de <i>Pseudocytisus integrifolius</i>	105
Figure 75 : Evolution de la mortalité des adultes de <i>Callosobruchus maculatus</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de <i>Nepeta nepetella</i>	106
Figure 76 : Evolution de la mortalité des adultes d' <i>Acanthoscelides obtectus</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de <i>Pseudocytisus integrifolius</i>	106
Figure 77 : Evolution de la mortalité des adultes d' <i>Acanthoscelides obtectus</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de <i>Nepeta nepetella</i>	107
Figure 78 : Evolution de la mortalité des adultes de <i>Sitophilus granarius</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de <i>Pseudocytisus integrifolius</i>	107
Figure 79: Evolution de la mortalité des adultes de <i>Sitophilus granarius</i> en fonction de temps et des doses en huiles essentielles de <i>Nepeta nepetella</i>	108
Figure 80: Evolution de la mortalité des adultes de <i>Rhyzopertha dominica</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de <i>Pseudocytisus integrifolius</i>	108
Figure 81: Evolution de la mortalité des adultes de <i>Rhyzopertha dominica</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de <i>Nepeta nepetella</i>	109
Figure 82 : Evolution de la mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de <i>Pseudocytisus integrifolius</i>	109
Figure 83: Evolution de la mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de <i>Nepeta nepetella</i>	110
Figure 84 : Evolution de la mortalité des larves de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de <i>Pseudocytisus integrifolius</i>	110
Figure 85: Evolution de la mortalité des larves de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de <i>Nepeta nepetella</i>	111
Figure 86: Fécondité moyenne de <i>Callosobruchus maculatus</i> selon les différentes doses et le type d'huile essentielle utilisée (moyenne±écart-type)	117
Figure 87: Fécondité moyenne d' <i>Acanthoscelides obtectus</i> selon les différentes doses et le type d'huile essentielle utilisée (moyenne±écart-type)	118

Figure 88: Fécondité moyenne de <i>Sitophilus granarius</i> selon les différentes doses et le type d'huile essentielle utilisée (moyenne±écart-type)	118
Figure 89: Fécondité moyenne de <i>Rhyzopertha dominica</i> selon les différentes doses et le type d'huile essentielle utilisée (moyenne±écart-type)	119
Figure 90: Fécondité moyenne de <i>Tribolium castaneum</i> selon les différentes doses et le type d'huile essentielle utilisée (moyenne±écart-type)	120
Figure 91 : Nombre moyen d'émergence des adultes de <i>Callosobruchus maculatus</i> selon les différentes doses et le type d'huile utilisé	123
Figure 92 : Nombre moyen d'émergence des adultes d' <i>Acanthoscelides obtectus</i> selon les différentes doses et le type d'huile utilisé	124
Figure 93 : Nombre moyen d'émergence des adultes de <i>Sitophilus granarius</i> selon les différentes doses et le type d'huile utilisé	124
Figure 94: Nombre moyen d'émergence des adultes de <i>Rhyzopertha dominica</i> selon les différentes doses et le type d'huile utilisé	125
Figure 95 : Nombre moyen d'émergence des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> selon les différentes doses et le type d'huile utilisé	126
Figure 96: Evolution de la mortalité des adultes de <i>Callosobruchus maculatus</i> en fonction du temps et des dose de DELTACIS 5 DP	128
Figure 97: Evolution de la mortalité des adultes d' <i>Acanthoscelides obtectus</i> en fonction du temps et des doses en DELTACIS 5 DP	129
Figure 98: Evolution de la mortalité des adultes de <i>Sitophilus granarius</i> en fonction du temps et des doses en DELTACIS 5 DP.....	130
Figure 99 : Evolution de la mortalité des adultes de <i>Rhyzopertha dominica</i> en fonction du temps et des doses en DELTACIS 5 DP	130
Figure 100 : Evolution de la mortalité des adultes de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction du temps et des doses en DELTACIS 5 DP	131
Figure 101 : Evolution de la mortalité des larves de <i>Tribolium castaneum</i> en fonction du temps et des doses de DELTACIS 5 DP	132
Figure 102 : fécondité des femelles des insectes étudiés en présence de DALTACIS 5 DP (moyenne ± écart type)	133
Figure 103 : Evolution de la mortalité des adultes de <i>Callosobruchus maculatus</i> en fonction du temps et des doses de DE DE VAP 50%	134

II.3.3. Pertes et dégâts	17
Chapitre II : Présentation des plantes testées et des huiles essentielles	
I. Les plantes testées	19
1. <i>Pseudocytisus integrifolius</i> (Salibs.) Rehder	19
1.1. Généralités	19
1.2. Description botanique	19
1.3. Position systématique	20
1.4. Synonymes	20
1.5. Répartition géographique	20
1.6. Usage	20
1.7. Composition chimique	21
2. <i>Nepeta nepetella</i>	22
2.1. Généralité	22
2.2. Description	22
2.3. Position systématique	23
2.4. Synonymes	23
2.5. Répartition géographique	23
2.6. Usage	23
2.7. Composition chimique	24
II. Les huiles essentielles	24
1. Définition	24
2. Historique	25
3. Répartition et localisation	26
4. Fonctions biologiques	27
5. Composition chimique	27
5.1. Les terpénoïdes	28
- Les monoterpènes	28
- Les sesquiterpènes	28
5.2. Les composés aromatiques	28
6. Les domaines d'utilisation des huiles essentielles	28
- Industrie alimentaire	28
- Désinfection des locaux	29
- Activité pharmaco-thérapeutique	29

- Activité antimicrobienne des huiles essentielles.....	29
7. Etat naturel et principales familles des plantes aromatiques.....	30
Chapitre III: Matériels et méthodes	
1. Elevage des insectes.....	31
2. Cycle de développement.....	32
3. Identification du sexe.....	33
3.1. Technique d'obtention des couples d' <i>A.obtectus</i> , <i>T.castaneum</i> , <i>C.maculatus</i> , <i>R.dominica</i>	33
3.2. Technique d'obtention des couples de <i>Sitophilus granarius</i>	35
4. Récolte et préparation du matériel végétal.....	35
5. Extraction des huiles essentielles.....	36
6. Doses et traitements.....	37
6.1. Effet de poudre des feuilles.....	37
a) sur les adultes des bruches.....	37
b) sur les ravageurs du blé.....	37
6.2. Effets des huiles essentielles.....	38
6.2.1. Traitement par contact	38
6.2.1.1. Estimation de la mortalité et calcul de DL 50.....	39
6.2.1.2. Estimation de la fécondité.....	40
6.2.1.3. Emergence.....	40
6.2.2. Tests d'inhalation	40
6.2.2.1. Tests d'inhalation des huiles essentielles sur la mortalité des insectes.....	40
6.2.2.2. Tests d'inhalation des huiles essentielles sur la fécondité.....	40
6.2.2.3. Tests d'inhalation des huiles essentielles sur l'émergence.....	41
7. Effet des pesticides sur la mortalité et la fécondité des cinq insectes étudiés.....	41
a) Traitement par contact.....	43
b) Traitement par inhalation.....	44
8. Analyse statistique des données.....	45
Chapitre IV : Résultats et discussion	
1. Cycle de développement des insectes étudiés.....	46
1.1. <i>Callosobruchus maculatus</i>	46
1.2. <i>Acanthoscelides obtectus</i>	47
1.3. <i>Sitophilus granarius</i>	48
1.4. <i>Rhyzopertha dominica</i>	49
1.5. <i>Tribolium castaneum</i>	50

Discussion.....	51
2. Effet de la poudre des feuilles.....	55
2.1. Effet insecticide de la poudre des feuilles sur les insectes étudiés.....	55
a) sur les adultes de <i>Callosobruchus maculatus</i>	55
b) sur les adultes d' <i>Acanthoscelides obtectus</i>	56
c) sur les adultes de <i>Sitophilus granarius</i>	58
d) sur les adultes de <i>Rhyzopertha dominica</i>	59
e) sur les adultes de <i>Tribolium castaneum</i>	61
f) sur les larves de <i>Tribolium castaneum</i>	62
2.2. Comparaison de la toxicité des poudres des feuilles sur les insectes étudiés.....	64
Discussion.....	66
2.3. Effet de la poudre des feuilles sur la fécondité des insectes étudiés.....	68
a) sur <i>Callosobruchus maculatus</i>	68
b) sur <i>Acanthoscelides obtectus</i>	69
c) sur <i>Sitophilus granarius</i>	70
d) sur <i>Rhyzopertha dominica</i>	71
e) sur <i>Tribolium castaneum</i>	72
Discussion.....	73
2.3. Effet de la poudre des feuilles sur l'émergence des adultes.....	75
a) sur <i>Callosobruchus maculatus</i>	75
b) sur <i>Acanthoscelides obtectus</i>	75
c) sur <i>Sitophilus granarius</i>	76
d) sur <i>Rhyzopertha dominica</i>	77
e) sur <i>Tribolium castaneum</i>	77
Discussion.....	78
Conclusion.....	79
3. Effet insecticide des huiles essentielles sur les insectes étudiés.....	80
3.1. Rendement en huiles essentielles.....	80
3.2 Traitement par contact	80
3.2.1 Effet insecticide des huiles essentielles sur les insectes.....	80
a) sur les adultes de <i>Callosobruchus maculatus</i>	80
b) sur les adultes d' <i>Acanthoscelides obtectus</i>	81
c) sur les adultes de <i>Sitophilus granarius</i>	83
f) sur les larves de <i>Tribolium castaneum</i>	87

Introduction générale

Introduction générale

Le monde est confronté aux défis d'accroître la production vivrière pour répondre aux besoins d'une population croissante, tout en préservant l'environnement (**KOUAKOU, 2004**). Toutefois les céréales et les légumineuses constituent la base de la nourriture des populations (**GUEYE et al, 2011**).

Le manque de ressources alimentaires est comblé depuis toujours par des importations massives, notamment de céréales. Malgré les initiatives prises de part et d'autre pour accroître la production, le contexte de l'insécurité alimentaire est toujours marqué par des pertes post-récoltes non négligeables.

Ces pertes interviennent à tous les stades, de la récolte à la consommation: chez le producteur, qu'il s'agisse de produits destinés à l'autoconsommation, à la semence ou en attente d'être commercialisés ; pendant le transport vers les lieux de stockage et au cours du stockage et enfin dans les réserves des commerçants (**SEMBÈNE, 2000**). En effet, entre la récolte et la consommation, plus de 30% de la production est perdue, cette proportion est plus forte en région sahélienne du fait de la longue période de stockage (**NGAMO & HANCE, 2007**).

La consommation des céréales et des légumineuses alimentaires se fait toute l'année. Le stockage rend possible la disponibilité quasi permanente de ces denrées sur les marchés et assure les semences pour les campagnes agricoles futures. Pendant le stockage, les insectes et principalement certaines espèces de Coléoptères (Bruchidae et Curculionidae) notamment *Callosobruchus maculatus* Fabricius et *Sitophilus zeamais* Motchulsky s'attaquent aux grains et si aucune protection n'est faite, après sept mois de stockage, la perte des denrées peut être totale (**NGAMO & HANCE, 2007**).

Face à la menace que constituent les insectes ravageurs des stocks, les moyens de lutte sont essentiellement articulés autour de l'utilisation de pesticides de synthèse. Dans des conditions optimales, leur efficacité à contrôler les nuisibles des stocks est certaine. Toutefois, ils présentent beaucoup d'inconvénients, parmi lesquels l'accoutumance des insectes et la sélection de souches résistantes (**BENHALIMA et al, 2004**), intoxications, pollution de l'environnement et désordres écologiques (**REGNAULT-ROGER, 2002**). Toutes ces raisons militent en faveur de la recherche de méthodes alternatives de lutte en particulier l'utilisation des extraits de plantes à propriétés insecticides et/ou insectifuge, qui soient peu coûteuses et efficaces, faciles à adopter pour les producteurs du tiers monde.

En effet les plantes ont été longtemps utilisées par les paysans pour saveur des aliments ou pour protéger les produits récoltés (**JACOBSON, 1989 ; KÈITA et al, 2000 ; ISMAN, 2000**). Les huiles essentielles extraites de ces plantes sont largement utilisées dans la lutte

contre les ravageurs de stocks (HAMRAOUI & REGNAULT-ROGER, 1997 ; DUNKEL & SEARS, 1998 ; PRATES *et al*, 1998 ; LIU & HO, 1999 ; GOLOB *et al*, 1999 ; TUNÇ *et al*, 2000 ; ISMAN, 2000). Leurs propriétés insecticide, larvicide et ovicide, stérilisante, antiappétente, répulsive ont fait l'objet de plusieurs études (KETOH *et al*, 1998 ; DJOSSOU, 2006 ; NGAMO *et al*, 2007 ; KOUNINKI *et al*, 2007 ; NDOMO *et al*, 2009).

Dans la recherche de méthodes alternatives de lutte, le règne végétal offre beaucoup de possibilités. De nombreuses études se développent actuellement pour isoler ou identifier des substances secondaires extraites de plantes qui ont une activité insecticide, répulsive ou antiappétante vis-à-vis des insectes (LICHTENSTEIN, 1996).

Il est donc très important de connaître la biologie de ces espèces enfin de mener une lutte efficace contre ce fléau. Aussi, la mise au point de toute stratégie de lutte anti-ravageur, tant préventive que curative, nécessite une connaissance préalable des facteurs dont dépendent leur biologie et leur comportement.

Dans cette étude, nous nous sommes proposés d'étudier dans un premier temps le cycle biologique de *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*, et dans un deuxième temps d'évaluer la toxicité des poudres des feuilles des deux plantes étudiées sur quelques paramètres biologiques notamment la mortalité des adultes des espèces étudiées et les larves de *Tribolium*, la fécondité des femelles et l'émergence des nouveaux adultes. L'activité insecticide des huiles essentielles extraites de deux plantes *Pseudocytisus integrifolius* Salib et *Nepeta nepetella* L a été évaluée par différents tests, traitements par contact et tests d'inhalation sur la mortalité des adultes des cinq espèces d'insectes étudiés et les larves de *Tribolium castaneum*, la fécondité des femelles et l'émergence des nouveaux adultes.

Finalement, l'effet des deux pesticides de synthèse à large utilisation dans les entrepôts de stockage de notre région (en poudre et en liquide) par deux modes de traitement, contact et inhalation sur la mortalité des cinq insectes et les larves de *Tribolium castaneum* et la fécondité des femelles afin de comparer leur effet avec celle des poudres des feuilles et les huiles essentielles des deux plantes étudiées.

Cette étude est organisée en quatre chapitres :

- Le premier chapitre consiste à la présentation des insectes étudiés
- Le deuxième chapitre comporte la présentation des plantes testées et des huiles essentielles
- Les matériels et méthodes utilisés sont présentés dans le troisième chapitre
- Le quatrième chapitre porte sur les résultats et discussion.

Chapitre I

Présentation des insectes étudiés

I. Les ravageurs des légumes secs

I.1. Généralités sur les Bruchidae

Les Bruchidae constituent un groupe homogène d'insectes cléthrophages dont le développement se déroule en général à l'intérieur d'une seule et même graine (DELOBEL & TRAN, 1993). De par leur distribution, les Bruchidae constituent l'un des groupes de ravageurs inféodés aux légumineuses à graine les mieux connus. Elles existent sur tous les continents, excepté l'Antarctique. Selon CREDLAND (1990), vingt espèces se développent aux dépens des plantes cultivées et sont devenues des ravageurs d'importance économique. En Afrique tropicale, 16 espèces de bruches sont rencontrées sur les graines de légumineuses alimentaires cultivées (DECELLE, 1987). Ces espèces sont représentées par au moins sept genres (*Callosobruchus*, *Bruchidius*, *Acanthoscelides*, *Caryedon*, *Pachymerus*, *Zabrotes*, *Spermophagus*) repartis dans trois sous-familles (DECELLE, 1981 ; TAYLOR, 1981).

Seules ces sous-familles (*Bruchinae*, *Amblylycerinae*, *Pachymerinae*) comprennent les espèces nuisibles aux plantes cultivées, notamment les légumineuses (HOFFMANN *et al.*, 1962). Selon DELOBEL & TRAN (1993) la famille des *Bruchidae* comprend deux groupes, le premier renferme les bruches se développant dans les champs, dans les graines encore vertes et ont une seule génération annuelle (espèces univoltines) comme *Bruchus pisorum* (la bruche du pois), *Bruchus rufimanus* (la bruche de la fève) ou *Bruchus lentis* (la bruche des lentilles). Le deuxième groupe renferme les bruches qui se multiplient à l'intérieur des entrepôts, dans les graines sèches. Elles ont plusieurs générations annuelles (espèces polyvoltines) et c'est le cas de *Callosobruchus maculatus* (la bruche du niébé), *Callosobruchus chinensis* (la bruche chinoise), *Acanthoscelides obtectus* (la bruche d'haricot), *Caryedon serratus* (bruche de l'arachides) ou *Bruchidius atrolineatus* (bruche africaine du niébé).

La grande majorité des Bruchidae nuisibles aux légumineuses cultivées se retrouvent dans la sous-famille des Bruchinae. Ces Bruchinae se caractérisent par un pigydium non entièrement recouvert par les élytres, un écusson dont la longueur ne dépasse pas la largeur ; des fémurs postérieurs presque renflés, des yeux à échancrure antérieure marquée (HOFFMANN *et al.*, 1962). Les espèces nuisibles de cette sous-famille appartiennent aux genres *Bruchus* L., *Bruchidius* Schild., *Acanthoscelides* Schild et *Callosobruchus* Pic.

Le genre *Callosobruchus* renferme un grand nombre d'espèces ayant une distribution paléotropicale. Elles sont toutes polyvoltines et peuvent se reproduire sur les plantes, au champ et dans les graines sèches des entrepôts. Plusieurs espèces sont signalées sur les Fabaceae cultivées, principalement les Phaseoleae.

I.2. La bruche du pois chiche *Callosobruchus maculatus* F.

I.2.1. Description

Selon LEPESME (1944), l'adulte de *Callosobruchus maculatus* (F) mesure 2 à 3.5 mm de long, les élytres sont en général dépassés par le pygidium, ce dernier est rouge plus ou moins brunâtre et orné d'une pubescence blanche. La tête est noire, les antennes et le pronotum sont de couleur rouge clair ou brun. Le corps est de coloration foncièrement rougeâtre. Le dessin élytral est des plus variables, c'est ce qui est à l'origine de la création de toutes les variétés que l'on pourrait rencontrer (fig. 1). Les mâles ont des antennes noires avec les premiers articles roux, chez les femelles ils sont entièrement rouges (BALACHOWSKY, 1962).

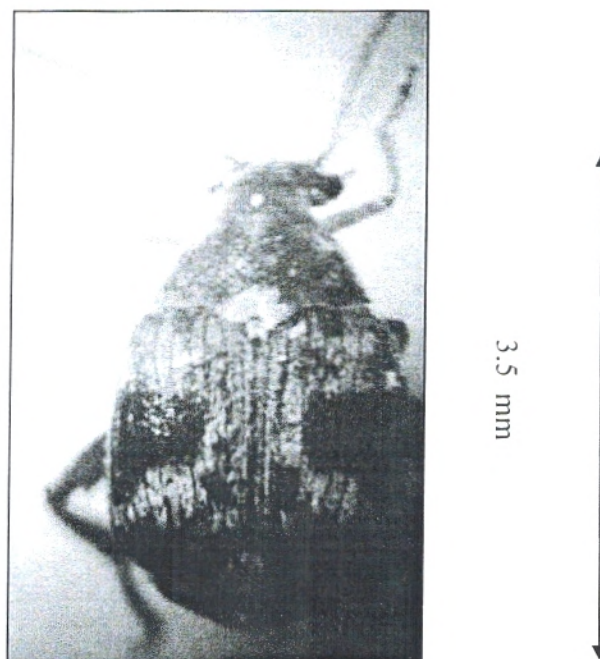


Figure 1 : *Callosobruchus maculatus* (F) Adulte. G 10x2 (Photo originale)

I-2-2- Position systématique

Embranchement : Arthropodes

Sous Embranchement : Antennates

Classe : Insectes

Sous Classe : Ptérygotes

Ordre : Coléoptères

Sous Ordre : Phytophaga

Famille : Bruchidae

Genre : **Callosobruchus**

Espèce : *Callosobruchus maculatus* (F).

I.2.3. Cycle de développement

Le cycle de développement de *Callosobruchus maculatus* est en fonction de la température et l'humidité relative du milieu. Les femelles sont réceptives dès l'émergence. Les œufs sont de forme ovoïde et sont déposés sur le péricarpe (HUIGNARD et al., 1985 ; DELOBEL & TRAN, 1993). Ils sont pondus et fixés par la femelle avec une substance gélatineuse à la surface des graines et des gousses. Lors de la ponte, une phéromone de marquage est déposée en même temps que l'œuf (DELOBEL & TRAN, 1993), elle permet à la femelle d'éviter les graines fortement infestées, et de réduire ainsi la compétition inter-larvaire. L'éclosion des œufs survient 5 à 7 jours après la ponte dans des conditions les plus favorables. Après éclosion, la larve qui n'a pas encore de pattes motrices, fore la paroi externe de l'enveloppe de la gousse ou du tégument de la graine et rentre à l'intérieur (LENTING, 2000). A la différence de la graine où la larve peut accéder directement aux réserves nutritives avec plus de chance de survie. Au niveau des gousses, la jeune larve peut échouer dans le vide (espace inter-grain) ou déboucher, au cours de son transit trophique, sur un petit grain à faible réserve ne pouvant lui permettre d'atteindre le stade final de développement. Dans le dernier cas, la mort de la larve est inévitable. *Callosobruchus maculatus* se nymphose à l'intérieur d'une seule graine après avoir construit une fenêtre au niveau du tégument (SOUTHGATE, 1979). La durée de la nymphose varie entre 7 à 28 jours. Au terme de la nymphose, l'adulte émerge de la graine pour commencer un nouveau cycle après avoir traversé la fenêtre de sortie préparée par la larve. Le pourcentage le plus élevé d'adultes s'obtient à partir des œufs pondus sur les graines. Avec les pontes sur graines vertes ou mûres, la mortalité élevée se produirait lors de la pénétration dans la gousse (MESSINA, 1984). La durée de développement œuf-adulte est en fonction des conditions atmosphériques. Dans les conditions optimales (30-35°C et 70-90% humidité relative), le développement complet varie de 22 -25 jours (REES, 1996)

I.2.4. Pertes et Dégâts

Callosobruchus maculatus exerce une pression permanente sur les légumineuses ; cette menace est due à sa grande polyphagie et sa faculté d'adaptation à des régions climatiques variées (UTIDA, 1954). L'activité de consommation des réserves des graines par les larves provoque de la chaleur et de l'humidité qui engendrent le développement des champignons comme *Aspergillus*, *Fusarium*, *Botrytis*, conduisant à des pertes quantitatives et qualitatives. *Callosobruchus maculatus* entraîne non seulement une réduction de poids sec (Fig 2), mais également une diminution de la qualité des graines et de la viabilité des semences compromettant leur consommation et leur semis (SINGH & SINGH, 1992). Il existe une relation entre le nombre de trous d'émergence des bruches sur les graines et les pertes de poids

(TCHAMOU, 1995). Les dégâts causés par ce ravageur sont dus exclusivement aux larves qui dévorent les graines qui peuvent être minées par plusieurs individus. L'infestation par les insectes engendre l'apparition de l'acide urique (SOWUNMI & AKINNUSI, 1983) et des facteurs anti-nutritionnels comme l'acide phytique, l'inhibition de l'activité de la trypsine et de la saponine, avec une diminution du poids des graines (MODGIL & MEHTA, 1997a).

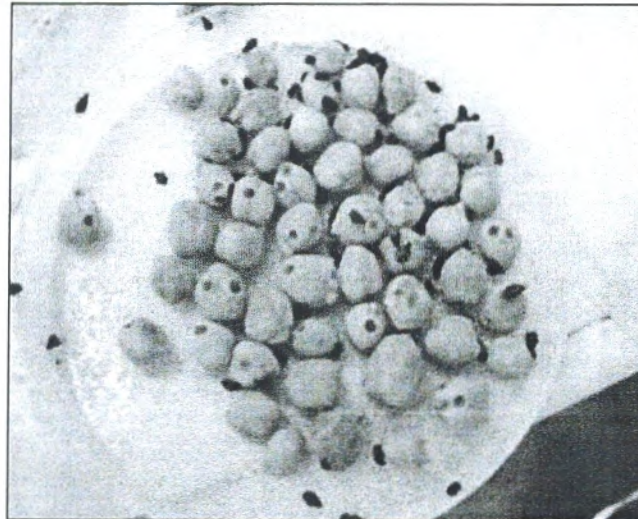


Figure 2 : Les graines de pois chiche endommagées par *Callosobruchus maculatus* (Photo originale)

Nous enregistrons une modification de la composition en vitamine du complexe B (MODGIL & MEHTA, 1997b), en amidon et en sucres non réducteurs, la composition en fibres brutes, en cellulose, hémicellulose et lignine augmente (MODGIL & MEHTA, 1996).

I.2.5. L'envol des adultes

A l'état adulte, cette bruche est caractérisée par un dimorphisme ou des phases à morphologie, physiologie et comportements différents. Selon ces caractéristiques, cette espèce a été désignée sous les noms de formes voilière ou active et de forme normale ou non voilière (CASWELL, 1961 ; UTIDA, 1981) :

- la forme non voilière ou normale est caractérisée par un pigydium pigmenté chez la femelle et peu tacheté chez le mâle. Les individus ayant cette forme ont un muscle alaire atrophié et par conséquent, ils sont incapables de voler (OUEDRAOGO, 1991). Selon les études, la fécondité moyenne varie entre 100 œufs par femelle (GLITHO *et al.*, 1988) ; 60-90 œufs (DELOBEL & TRAN, 1993) et 91,2 œufs par femelle (AKPOVI, 1993). Les individus sont inféodés au stock de niébé et ont une longévité faible (6-8 jours à 30°C) (DELOBEL & TRAN, 1993).

Les adultes de cette forme sont toujours reproducteurs ;

- la forme voilière ou active a un pygidium clair chez la femelle et les élytres sont tachetés chez le mâle. Les individus de cette forme sont caractérisés par une faible fécondité (deux œufs en moyenne par femelle) ; leur descendance est constituée par des individus non voiliers (GLITHO *et al.*, 1988). La longévité est d'environ un mois à 30°C (DELOBEL & TRAN, 1993). La teneur en eau des graines, la température et l'humidité relative influencent l'apparition de cette forme en élevage de masse. En effet, une forte proportion d'adultes voiliers émergent des graines de niébé lorsque la température est de 30,2°C, l'humidité relative 80±15% et la teneur en eau 13-15% (MONGE & OUEDRAOGO, 1990 ; OUEDRAOGO *et al.*, 1990).

En outre, au cours de ses travaux, TCHOKOSSI (1995) a constaté que l'apparition des voiliers est précédée par l'augmentation du nombre de larves par graine dont l'activité entraîne l'élévation de la température et de la teneur en eau des graines.

I.3. La bruche du haricot : *Acanthoscelides obtectus* (Say)

I.3.1. Description

L'adulte (fig.3) mesure 2,5 à 3 mm de long et 1,7 à 1,9 mm de large, mais il arrive que dans les cas de surpopulations, sa taille soit plus réduite. Le mâle est légèrement plus petit que la femelle. Le corps d'une couleur généralement brun ferrugineux est recouvert partout de soies dorées courtes couchées vers l'arrière (LABEYRIE, 1962). *Acanthoscelides obtectus* présente un dernier segment antennaire orange et généralement plus large que long (HOSSAERTMCKEY & ALVAREZ, 2003).

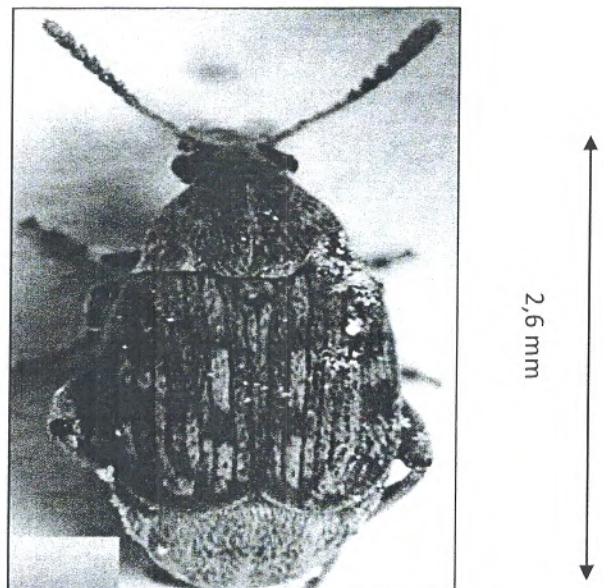


Figure 3 : *Acanthoscelides obtectus* (Say) Adulte G 10x2 (Photo originale)

La larve d'une dimension identique est blanchâtre, munie de pattes très fines (**GOIX, 1986**). Les larves ont un régime cléthrophage car elles vivent exclusivement dans les graines (**AVIDOV et al., 1965**). Le premier stade apode ou pourvu de pattes et de soies aidant aux déplacements. Pour la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* les larves sont mobiles et cela leur permet, après l'éclosion, de se diriger à la recherche d'une graine adéquate pour s'y installer (**BOUGDAD et al., 1986**).

I.3.2. Position systématique

Embranchement : Arthropodes

Sous Embranchement : Antennates

Classe : Insectes

Sous Classe : Ptérygotes

Ordre : Coléoptères

Sous Ordre : Phytophaga

Famille : Bruchidae

Genre : *Acanthoscelides*

Espèce : *Acanthoscelides obtectus* (Say)

I.3.3. Cycle de développement

Les adultes hivernent à l'intérieur des graines d'haricot et sortent de celles-ci à la fin du mois d'avril ; ils ne s'alimentent pas et s'accouplent (**BONNEMAISON, 1962**).

La sortie de ces insectes est conditionnée par les facteurs externes, notamment l'ensoleillement et la température. En juin-juillet, les adultes issus des graines entreposées dans les greniers s'envolent vers les cultures de haricots, sur une distance allant jusqu'à 3 km du lieu de leur sortie. C'est à partir de 20°C qu'ils sont en mesure de s'accoupler et de pondre. Les œufs sont déposés à l'intérieur des gousses en voie de déshydratation, à proximité des graines (**GOIX, 1986**). Sur la gousse choisie, l'adulte effectue un trou de ponte en déchirant la suture dorsale de la gousse, puis se retourne pour introduire sa pseudotarière, sensible à l'humidité du milieu, si la déshydratation est insuffisante, le site est abandonné. Une forte humidité du grain (ex : une graine en germination) conduit à la mortalité des larves, l'insecte pose à l'intérieur de la gousse un amas d'une vingtaine d'œufs (**SERPEILLE, 1991**). Cette ponte a lieu à l'intérieur des gousses qui sont présentes durant une courte période de l'année en l'occurrence au début de la saison sèche (**PICHARD et al., 1991**).

Après une semaine d'incubation, les œufs sont lisses et blancs et donnent naissance à des larves qui pénètrent dans les graines dont elles s'alimentent. La durée de développement larvaire est de l'ordre de trois semaines, mais peut varier en fonction de la température.

Le temps nécessaire à la nymphose est de quinze à dix huit-jours, au champ il n'y a qu'une génération par an. L'insecte hiverne à l'intérieur des graines et ne reprend son activité qu'au printemps avec l'élévation de la température (GOIX, 1986).

Il peut y avoir quatre à cinq générations successives pendant le stockage dans les entrepôts chauffés avec une augmentation importante des dégâts à chaque génération (DECELLE, 1981). En juin-juillet, les adultes migrent de nouveau vers les champs et le cycle se boucle. Si les ravageurs ne peuvent pas sortir du lieu de stockage, les générations se poursuivent dans le lot jusqu'à une totale perforation des grains (SERPEILLE, 1991).

I.3.4. Pertes et dégâts

Acanthoscelides obtectus se développe principalement sur le haricot (*Phaseolus vulgaris*), les graines sont minées par une ou plusieurs larves (Fig 4) dont les galeries sont visibles parfois en surface à travers la cuticule de la graine (LABEYRIE, 1962). En culture, les symptômes qui trahissent la présence de l'insecte sont difficiles à observer, généralement, l'atteinte passe inaperçue. En revanche, après la récolte, sur les graines, il est nettement plus facile de distinguer celles qui sont saines, surtout lorsque l'infestation est relativement ancienne.



Figure 4 : Les graines d'haricot endommagées par *Acanthoscelides obtectus*.
(Photo originale)

En effet, au début de l'évolution larvaire, les haricots paraissent sains,. Après un certain temps, ils présentent de petites taches parfaitement rondes de 2 à 3 mm de diamètre et de couleur variant suivant la teinte des graines. Ces taches sont dues au fait qu'une partie de la graine a été consommée par la larve et qu'il ne reste plus à son niveau qu'un opercule qui par la suite sera brisé par la bruche adulte afin de lui permettre de sortir pour aller infester de

nouvelles graines (GOIX, 1986). Les larves peuvent détruire 80 à 100 % des récoltes après quelques mois de stockage. Les graines attaquées présentent un trou qui peut encore abriter l'adulte. Elles perdent leur pouvoir germinatif en cas de forte densité d'attaque. Les haricots contaminés ont un goût les rendant inconsommables pour l'homme.

1.3.5. L'envol des adultes

La faculté de se mouvoir est une des caractéristiques fondamentales d'*Acanthoscelides obtectus*, ses déplacements revêtent une très grande diversité en fonction des conditions locales. Ils représentent une réponse de la bruche du haricot à des facteurs changeants de son habitat. Les populations d'*Acanthoscelides obtectus* ont besoin pour leur survie à long terme de possibilités d'échange, d'expansion et de migration. Un rayon de soleil suffit pour que les adultes s'agitent et s'envolent (BALACHOWSKY, 1962).

D'après SERPEILLE (1991), la température d'envol paraît plus basse pour les insectes nocturnes que pour les insectes diurnes de la même région. Chez *Acanthoscelides obtectus*, à partir d'un élevage mené, il a constaté que :

- à 20°C il n'y a jamais d'envol.
- à 25°C l'envol débute.
- à 30°C l'envol est maximum.
- à 40°C on observe encore un vol important.
- à 45°C l'envol cesse.

Le rôle de la température est primordial lors de la migration des bruches, ainsi pour une augmentation de 1°C, le nombre des bruches sorties dans la journée augmentent de 60 individus migrants lors d'un contrôle de sorties d'adultes dans un local (BALACHOWSKY, 1962).

II. Les ravageurs des céréales

II.1. Généralité sur Curculionidae

La famille des Curculionidae, famille la plus importante du groupe des Rhynchophora, est composée d'insectes facilement identifiables à leurs têtes prolongées en un bec allongé en rostre à l'extrémité duquel se trouvent situés les organes buccaux broyeurs (LEPESME, 1944). Cette famille a été étudiée par HOFFMANN (1954), elle compte environ 60.000 espèces; elle est divisée en 9 sous familles. Elles peuvent s'attaquer à toutes les parties vivantes des plantes : bois, racines, tiges, feuilles, fruits ou graines (ANONYME, 2009).

C'est un groupe très hétérogène, caractérisé par une systématique interne très complexe (PAULIAN, 1988).

II.1.1. Description du charançon du blé : *Sitophilus granarius* (L)

L'insecte étudié est un petit Coléoptère appartenant au genre *Sitophilus* et à la famille de Curculionidae. Anciennement connu sous le nom de Calandra (LEPESME, 1944), il est maintenant, communément appelé charançon des grains.

Les charançons des grains s'alimentent et se multiplient aux dépens de nombreuses céréales : seigle, avoine, orge, blé, riz, maïs etc.

Le genre *Sitophilus* se reconnaît par la présence d'un rostre renflé (triangulairement et portant les antennes à sa base. La larve blanche et charnue est apode et mesure de 2 à 4 mm, à tête brun clair et sans pattes. Elles se multiplient dans les graines sèches et causent beaucoup de dommages aux stocks.

L'adulte est brun foncé, caractérisé par un rostre bien visible légèrement recourbé, équipé de pièces buccales broyeuses (Fig 5).

Le prothorax est aussi long que l'abdomen dont les élytres sont rainurés. Il mesure 3,5 à 5 mm et ne vole jamais (absence d'ailes postérieures membraneuses).

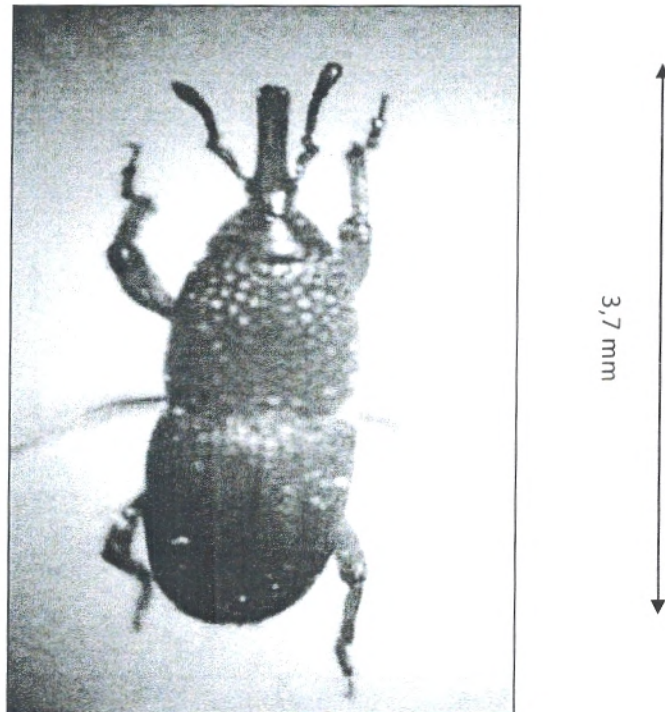


Figure 5 : *Sitophilus granarius* (L) adulte G :10x2 (Photo originale)

II.1.2. Position systématique

Embranchement : Arthropodes

Sous Embranchement : Antennates

Classe : Insectes

Sous Classe : Ptérygotes

Ordre : Coléoptères

Sous Ordre : Polyphaga

Famille : Curculionidae

Genre : Sitophilus

Espèce : *Sitophilus granarius* (L)

II.1.3. Cycle de développement

Le développement complet se fait entre 25 à 35 jours dans des conditions optimales, lorsque la température du grain se situe entre 26 °C et 30°C, et la teneur en eau est de 14 %.

Le charançon développe son cycle complètement à l'intérieur des grains. L'insecte n'en émerge qu'au stage de jeune adulte. L'adulte possède un appendice nasal distinctif dont il se sert pour creuser dans le grain. La femelle dépose un seul œuf dans un trou creusé dans chaque grain, puis obture l'ouverture au moyen d'une substance gélatineuse. Les larves se nourrissent de l'albumen et achèvent leur croissance à l'intérieur du grain. Les pupes se transforment en adultes qui percent des trous sur le côté des grains pour en sortir.

Le charançon du blé ne peut se reproduire que dans un grain dont le taux d'humidité est supérieur à 9,5%, sur une plage de températures allant de 13 à 35°C. La femelle pond environ 200 œufs, à une vitesse de 2 ou 3 par jour, en fonction de la température et de l'humidité, en plaçant chacun d'eux dans un petit trou creusé dans le grain et en scellant celui-ci avec un bouchon de salive mucilagineux. A 18-20°C, les œufs éclosent après 8 à 11 jours pour donner naissance à de petites larves blanches, dépourvues de pattes et qui se nourrissent de l'endosperme du grain. Une seule larve se développe parmi les petites graines comme celles du blé et du riz, mais des graines plus grosses comme celles du maïs supportent le développement de plusieurs spécimens. Les larves ne vivent jamais à l'air libre et se développent entièrement à l'intérieur du grain. Elles muent quatre fois, pour finalement se transformer en nymphes au sein des graines, après 6 à 8 semaines. Les adultes émergent après 5 à 16 jours supplémentaires et vivent environ 9 mois. S'ils sont dérangés, ils feignent la mort en repliant leurs pattes sur leur corps et en restant dans cette position. A une température de 15°C et avec un taux d'humidité du grain égal à 11,3%, le cycle de vie complet s'étend sur six mois.

II.1.4. Pertes et dégâts

Sitophilus est l'un des insectes qui attaquent et déprécient les grains du stockage et de la conservation (Fig 6). Il est considéré comme l'une des espèces les plus nuisibles des stocks dans les pays tropicaux. Il cause aux diverses céréales entreposées, des dégâts jugés importants (RISBEC, 1950; FARJAN, 1983; RATNADASS, 1984 ; YADI, 1987).

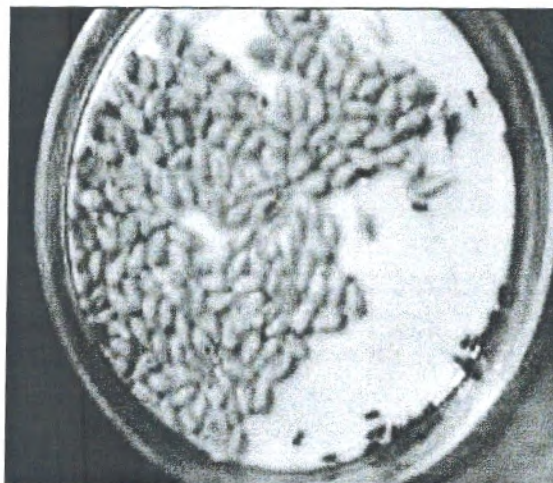


Figure 6 : Les grains de blé dur endommagés par *Sitophilus granarius* (Photo originale)

II.1.5. Répartition géographique

En Europe *Sitophilus granarius* Linn. ou charançon du blé, vit dans les régions à climat tempéré et humide; en Europe, il ne se développe pas au-delà de la Méditerranée, en Chine, il est limité au Nord-Ouest dans le Xinjiang.

On le rencontre, également, dans les ports des pays tropicaux. *Sitophilus granarius* se nourrit et se multiplie dans les grains de blé, d'orge, d'avoine, de seigle, de maïs, de riz décortiqué etc. Par contre, il peut se nourrir, dans la farine, la semoule et le son.

II.2. Généralité sur *Bostrychidae*

Ils ont un corps allongé, cylindrique ; la tête est cachée sous le pronotum, les élytres sont tronqués. Ce sont des xylophages à mycétome intracellulaire. Leur importance économique est grande car ils creusent des galeries dans les bois vivants.

II.2.1. Description *Rhyzopertha dominica* : (*Rhyzopertha dominica*)

L'adulte est de couleur brune, de forme cylindrique avec des côtés nettement parallèles, caractéristiques des *Bostrychidae*. C'est un insecte de petite taille de 2,2 à 3 mm de longueur avec un prothorax qui couvre entièrement la tête d'où le nom du « capucin des grains ». Cet insecte présente des antennes en massues de 3 articles. Vu de la face dorsale, le pronotum se termine par une rangée de dents régulières (12 à 14). Les élytres sont bien développés et ponctués longitudinalement. Les adultes peuvent voler ce qui facilite les infestations (Fig.7).



Figure 7 : *Rhyzopertha dominica* (F) adulte G : 10x2 (Photo originale)

Les œufs sont piriformes, de couleur blanche et rose. Ils peuvent atteindre 0,6 mm de longueur sur 0,2 mm de largeur.

Les larves possèdent des pattes bien développées ce qui les rend très agiles. Elles sont cylindriques avec de longues soies, puis incurvées et duvetées à la fin de leur développement.

Les adultes s'accouplent et pondent à plusieurs reprises. Le total des œufs déposés varie de 300 à 400. Les pontes s'échelonnent sur plusieurs semaines.

II.2.2. Position systématique

Embranchement : Arthropodes

Sous Embranchement : Antennates

Classe : Insectes

Sous Classe : Ptérygotes

Ordre : Coléoptères

Sous Ordre : Polyphaga

Famille : Bostrychidae

Genre : *Rhyzopertha*

Espèce : *Rhyzopertha dominica* (F)

II.2.2. Cycle de développement

Les œufs sont pondus, soit isolément, soit en petits amas à l'intérieur des grains attaqués ou à leur surface, parfois parmi les débris qui gisent entre eux.

La durée moyenne d'incubation est de 15 jours à 26°C et 65% d'humidité relative (POTTER, 1935). Elle est de neuf jours à 21°C et 70% humidité relative. Après éclosion, les larves s'introduisent dans les grains en creusant des tunnels aux alentours du germe et continuent leur développement à l'intérieur (THOMSON, 1966). Dans certains cas les larves sont capables de se nourrir et de se développer librement entre les grains. Le nombre de mue varie de 2 à 4 à une température de 29°C et de 70 à 80% humidité relative.

THOMSON (1966) a estimé la durée de développement des différents stades larvaires à 17 jours et les stades prénymphe et nymphe à 7 jours à 29°C et 70% humidité relative, la durée de cycle est en moyenne de 38 jours. Par ailleurs, la durée de développement sur le blé à 14% de teneur en eau du grain et 30°C varie de 30 à 40 jours et de 58 jours à 26°C (POTTER, 1935) La température optimale pour le développement de *Rhyzopertha dominica* est d'environ 28°C. L'espèce est plus sensible au froid, une température de 21°C arrête sa multiplication et les adultes ne survivent pas à 3°C. L'adulte peut supporter des températures assez élevées, mais une exposition de 3 min à 50°C suffit pour les tuer (LEPESME, 1944).

II.2.3. Pertes et dégâts

Rhyzopertha dominica est considéré comme le plus grand ennemi des grains après *Sitophilus oryzae*. Ce sont les adultes qui causent le plus de dégâts. Ils attaquent directement les grains à l'aide de leurs mandibules et arrivent à les vider complètement de leur contenu (Fig 8).

Les femelles sont particulièrement voraces avant la ponte. Elles ne consomment d'ailleurs pas tout ce qu'elles rongent et on retrouve une certaine quantité de farine intacte mêlée à leur excrément.



Figure 8 : Les grains de blé endommagés par *Rhyzopertha dominica* G : 10x2
(Photo originale)

II.3. Généralités sur les Tenebrionidae

Les Tenebrionidae sont des coléoptères de taille comprise entre 2 mm et 80 mm, de forme très variée, à téguments le plus souvent rigides, épais, noir mat ou luisant, de teinte sombre, coloré ou «métallique» par interférence, avec des yeux généralement grands, ovales ou ronds chez certaines sous-familles. Antennes de 11 articles, plus rarement 10, aptères ou ailées, avec nervation alaire du type primitif, 5 sternites abdominaux, pattes longs ou tout au contraire, contractées, souvent fousseuses (BALACHOWSKY, 1962).

Un certain nombre de Tenebrionidae ont été signalés comme nuisibles sur les plantes cultivées et autres s'attaquent aux denrées alimentaires stockées ou emmagasinées. Parmi ces dernières le genre *Tribolium* comprend deux espèces principales cosmopolites et nuisibles: *T. castaneum* Herbst. et *T. confusum* Duv.

II.3.1. Description *Tribolium castaneum* Herbst

C'est un insecte appartenant à la famille des Tenebrionidae. L'adulte mesure de 3 à 4 mm, de couleur uniformément brun rougeâtre (Fig 9). Il est étroit, allongé, à bord parallèles, à pronotum presque aussi large que les élytres et non rebordé antérieurement. Les 3 derniers articles des antennes sont nettement plus gros que les suivants. Contrairement *T. confusum*, le chaperon ne dépasse pas l'œil latéralement. La larve mesure 6mm, environ 8 fois plus longue que large, d'un jaune très pâle à maturité, avec latéralement quelques courtes soies jaunes. La capsule céphalique et la face dorsale sont légèrement rougeâtres.

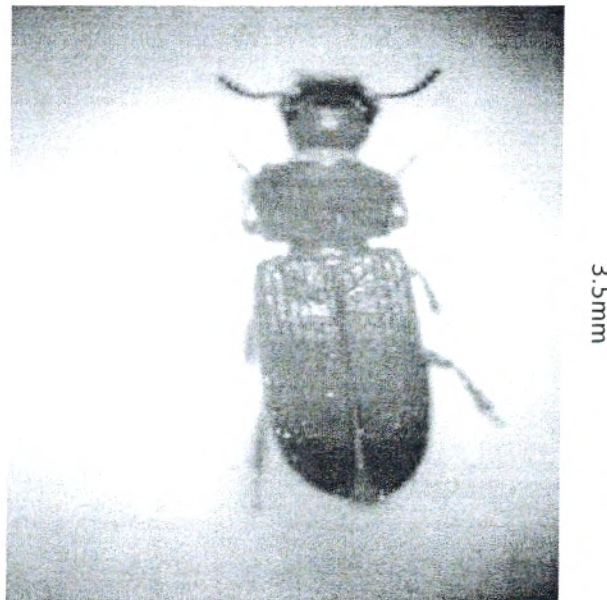


Figure 9 : *Tribolium castaneum* adulte G : 10x2 (Photo originale)

II.3.2. Position systématique

Embranchement: Arthropodes.

Classe: Insectes

Sous Classe : Ptérygotes

Ordre: Coléoptères.

Sous Ordre: Polyphaga.

Famille: Tenebrionidae.

Genre: Tribolium.

Espèce: *Tribolium castaneum* (Herbst)

II.3.2. Cycle de développement

La longévité de l'insecte est de 2 à 8 mois suivant les conditions abiotiques. Dès trois jours, la femelle pond quotidiennement une dizaine d'œufs qui, vers 30°C, éclosent au bout de cinq jours. Les œufs sont déposés en vrac sur les graines et sont difficiles à déceler. Les larves circulent librement dans les denrées infestées et s'y nymphosent sans cocon.

À 30°C, la vie larvaire dure à peu près trois semaines et l'adulte émerge de la nymphe six jours après sa formation. C'est une espèce dont l'optimum thermique se situe entre 32 et 33°C, son développement cessant au dessous de 22°C et qui résiste très bien aux basses hygrométries. La femelle pond entre 500 et 800 œufs. La durée du cycle dure environ un mois.

II.3.3. Pertes et dégâts

Le Tribolium recherche surtout les denrées amylacées pulvérulentes comme la farine, le son, ... etc. (LEPESME, 1944). Les adultes sécrètent une substance nauséabonde, riche en quinones qui communique au lot infesté une odeur particulièrement désagréable.

Sur les graines d'arachide, *Tribolium castaneum* provoque un accroissement notable de la teneur en acides gras libres dans l'huile qui en est extraite et s'attaque au riz, blé, son et farine de riz et de blé, maïs, orge, sorgho, millet, manioc, tapioca et farine de manioc, sagou, igname, fruits séchés, toutes légumineuses, sous forme de farine, arachide, coprah, graines de coton, ricin, cabosses de cacao, chocolat, noix de muscade, poivre, gingembre, insectes en collection, etc.



Figure 10 : Dégâts de *Tribolium castaneum* sur la semoule (Photo originale)

D'après STEFFAN (1978), ils sont très polyphages, ce sont des cléthrophones secondaires, car les larves et les adultes se nourrissent surtout de brisures, elles attaquent les grains endommagés, escortent souvent les charançons ou parachèvent leurs dégâts (Fig.10).

Adultes et larves sont capables de cannibalisme vis-à-vis des œufs et des nymphes. Ils peuvent se nourrir de champignons qui pourraient envahir le stock et d'une infinie variété de matières végétales sèches et sont toujours présents dans les stocks.



Chapitre II
Présentation des plantes testées et des huiles

I. Les plantes testées

1. *Pseudocytisus integrifolius* (Salibs.) Rehder

1.1. Généralités

Les Brassicacées, anciennement nommées Crucifères, sont une importante famille de plantes dicotylédones et essentiellement herbacées.

Toutes les Brassicacées contiennent des composés soufrés et une enzyme qui les hydrolyse (coupure de la molécule sous l'action de l'eau), donnant ainsi une essence sulfurée responsable de l'odeur, de la saveur de ces plantes.

1.2. Description botanique

C'est un sous arbrisseau (fig.11) à feuilles petites (7 à 20 mm de longueur et 2 à 11 mm de largeur), ovales. Grappes florifères allongées, fleurs sulfurines assez grandes (15-20 mm), apparaissent aux mois de mars et avril. Fruits lomentacés à 2 articles : l'un inférieur globuleux à un ou deux grains par loge, l'autre supérieur, est laminaire (QUEZEL & SANTA, 1962)

Pseudocytisus integrifolius est une espèce endémique des hauts plateaux de l'Oranie (QUEZEL & SANTA, 1962 ; REHDER, 1927).

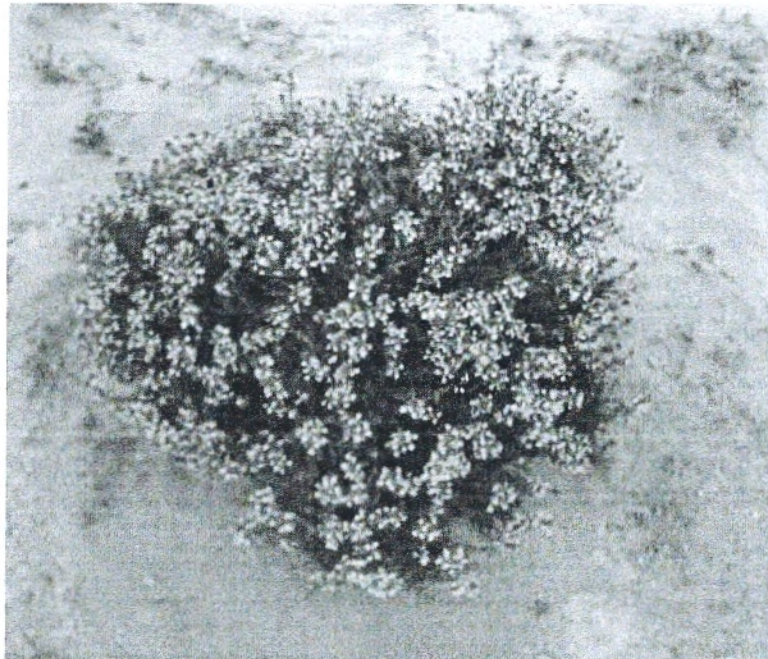


Figure 11 : *Pseudocytisus integrifolius ssp vella glabrescens* Coss (Photo originale)

1.3. Position systématique

La systématique (QUEZEL & SANTA, 1962) :

Embranchement	Cormophytes
Sous Embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Sous classe :	Dialypétales
Ordre :	Pariétales
Famille :	Crucifères-brassicées

Genre : *Pseudocytisus*

Espèce : *Pseudocytisus integrifolius*

Sous-espèce : *Vella glabrescens*

1.4. Synonymes

* *Pseudocytisus* O. Kuntze

* *Pseudocytisus integrifolius* (Salisb) Rehder : sous-espèce *vella glabrescens* Coss. (Lit. et Maire)

* Nom commun : Queçdir ou El-Kasdir :

Ce genre peut être confondu avec celui de *vella* L. endémique en Espagne, Maroc et Algérie (CRESPO et al, 2000).

vella pseudocytisus sous-espèce *glabrata* greuter

vella pseudocytisus sous-espèce *gomes-campo*

vella pseudocytisus L. sous-espèce *pseudocytisus*

1.5. Répartition géographique

Pseudocytisus integrifolius se développe dans la région El-kasdir se trouvant à proximité de la frontière algéro-marocaine entre 34° et 34° 40' de latitude nord et 0° 30' et 2° 30' de longitude ouest (BENABADJI, 1999). Les hautes plaines culminent au Sud d'El Aricha, vers Naâma et Ain Sefra à 2236 m.

Elles baissent sensiblement d'altitude pour atteindre 970 m à El-kasdir (Chott El-Gharbi).

1.6. Usage

La plante est utilisée par la population, d'El-kasdir, pour la nourriture des animaux d'élevage (ovin, caprins et bovins). Les autochtones lui attribuent des propriétés antiparasitaires, certains l'utilisent mélangée à d'autres plantes pour le traitement du rhumatisme. Dépourvues de leurs feuilles, les branches sont utilisées comme bois de chauffage (BENDIMERAD, 2006).

1.7. Composition chimique

La composition chimique de *Pseudocytisus integrifolius* de la région el kasdir Nâama.

Tableau 1 : Teneurs relatives des constituants de l'huile essentielle de *Pseudocytisus integrifolius* (%) (BENDIMERAD, 2006)

Composés	Partie Aérienne	Fleurs	Feuilles
<i>Sulfure de diméthyle</i>	0,2	Tr	-
3-méthylbutanal	0,2	Tr	-
Disulfure de diméthyle	33,4±0,6	40,9±2,4	23,8±0,1
Pent-4-ènenitrile	31,7±0,4	3,6±1,0	9,9±0,1
Trisulfure de diméthyle	24,2±0,1	24,8±0,1	35,4±0,3
α -Pipene	Tr	0,1	-
<i>p</i> -cymène	0,1	5,0±0,1	1,8
Limonène	0,2±0,1	0,1	Tr
5-méthylhexanenitrile	0,4±0,1	0,3	0,4
2-pentylfuran	0,1	tr	0,1
Octanal	0,1	tr	Tr
Heptanal	0,1	0,1	0,1
Hexanal	0,2	tr	0,1
Nonan-2-one	0,1	0,2	Tr
Nonanal	0,3	0,1	1,2
Phénylacétonitrile	0,5	0,4	0,2
Undécane	0,1	tr	Tr
Camphre	tr	0,2	-
Acétate de <i>p</i> -crésyle	0,1±0,1	-	-
Bornéol	-	0,2	-
Cryptone	tr	0,6	-
Terpinèn-4-ol	-	0,3	-
Safranal	0,1	0,1	0,5
Décane	0,3	tr	Tr
Tétrasulfure de diméthyle	0,7	0,1±0,1	4,4
2-phénylbut-2-éanal	0,3	Tr	1,2
Indole	0,3	0,1	-
Thymol	-	0,6	
Carvacrol	-	0,1	-
Trans- β -damascénone	0,1	0,1	0,5
α -copaène	0,1	0,1	1,5
Tétradécane	0,1	Tr	1,0
A-ionone	tr	0,1	-
Géranyl acétone	0,1	Tr	0,5
β -ionone	0,4	0,3	1,4
Tridécane-2-one	0,1	-	0,5
Tétradécanal	0,1	Tr	0,3
Pentadécane	0,1	-	-
Calaménène	-	0,2	0,4
Spathulénol	-	3,2	2,4
Oxyde de caryophyllène	-	0,4	2,6

<i>Epi-globulol</i>	-	0,4	0,3
Hexadécane	tr	0,1	-
Copabornéol	-	3,0±0,3	-
1- <i>épi</i> -cubénol	-	0,7	0,6
Pentadécanal	Tr	0,1	-
3-indolylacétone	0,1	0,2	0,3
6,10,14-triméthyl-pentécan-2-one	0,6	1,3	2,3
Néophytadiène	-	0,1	1,4±0,1
Acide palmitique	0,1	-	-

2. *Nepeta nepetella*

2.1. Généralité

La famille des Lamiacées (Lamiaceae) ou Labiées (Labiatae) est une importante famille de plantes dicotylédones, qui comprend environ 4000 espèces et près de 210 genres (NAGHIBI *et al.*, 2005). Cette famille comporte de nombreuses plantes exploitées pour les essences ou cultivées pour l'ornementation et la plupart de ces espèces sont aussi bien utilisées dans la médecine traditionnelle que dans la médecine moderne (JUDD *et al.*, 2002).

La famille des Lamiacées contient une très large gamme de composés comme les terpénoïdes, les iridoïdes, les composés phénoliques, et les flavonoïdes. Les huiles essentielles et plus précisément les courtes chaînes des terpénoïdes sont responsables de l'odeur et la saveur caractéristique des plantes (NAGHIBI *et al.*, 2005).

2.2. Description

Sous arbrisseau odorant de 20 à 50 cm de hauteur, c'est une plante grisâtre à feuilles lancéolées crénelées de 1-2 x 0,4-0,8 cm (Fig.12). Fleurs bleues, tige très rameuses, inflorescences en courtes cymes axillaires très lâches (QUEZEL & SANTA, 1962).



Figure 12 : *Nepeta nepetella* ssp. *amethystina*

2.3. Position systématique

Selon **UBERA & VALDES (1983)** ; **VALDES et al. (1987)** et **CANTINO et al. (1992)**,

N. amethystina est classé comme suit :

Embranchement :	Cormophytes
Sous Embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Sous-classe :	Gamopétales
Ordre :	Tubiflorales
Famille :	Lamiacées
Genre	<i>Nepeta</i>
Espèce	<i>Nepeta nepetella</i>
Sous-espèce	<i>Nepeta amethystina</i> Poir

2.4. Synonymes

Nepeta nepetella ssp. *amethystina* (Poir.) Briq ; *N. nepetella* L. var. *atlantica* subsp. *Amethystina* Batt. On distingue deux sous espèces : *Nepeta amethystina* Poir. et *Nepeta amethystina* Poir. Subsp. *Laciniata* (Willk.) (**UBERA & VALDES, 1983**).

A Ain-esafra (Algérie) l'espèce *N. amethystina* est connue sous le nom vulgaire Gouzia.

2.5. Répartition géographique

Le genre *Nepeta* de la famille des Lamiacées est représenté par de 250 espèces, réparties principalement en Europe et en Asie (**MABBERLY, 1997**). 7% seulement des espèces sont localisées dans la Péninsule ibérique et en Afrique du nord. Ce sont des plantes généralement vivaces, originaires des montagnes méditerranéennes (**BOUCHER, 2000**). D'après **QUEZEL & SANTA (1963)**, cinq espèces existent en Algérie dont l'espèce *N. amethystina* est rare. Elle est rencontrée particulièrement dans l'Atlas saharien en petites populations.

2.6. Usage

Traditionnellement utilisée en usage externe pour traiter les piqûres d'insectes et en infusion comme diurétique, fébrifuge, spasmolytique, fortifiante et stimulante.

2.7. Composition chimique

Tableau 2 : Teneurs relatives des constituants de l'huile essentielle de *Nepeta nepetella* ssp. *amethystina*

Composés	Velasco-Negueruela et coll.1990 (Espagne)	Bendahou, 2006(Ain-Essafra Algérie)
(z)-Hex-2-en-1-ol		Tr
α -Pinène	0,12	0,2
Camphene	Tr	-
Octan-3-one		0,1
Sabinène		Tr
β -Pipene	0,78	0,4
P-Cymene	0,28	0,2
1,8Cineole	1,11	0,4
β -(z)-Ocimene		0,1
γ -Terpinene		Tr
Linalool	0,78	0,1
Trans-p-Menth-2-en-1-ol		0,1
Camphre		0,2
Terpinene 4-ol		0,3
α -Terpineol		0,4
Myrtenal		1,3
Thymol	0,05	0,3
Carvacrol		0,3
4 α ,7 α ,7 α -Nepetalactone	41,88	18,5
4 α ,7 α ,7 β Nepetalactone	39,42	72,4
(E)- β -Caryophyllene	0,63	0,6
(E)- β -Farnesene		0,2
γ -Cadinene	0,2	0,2
Oxyde de Caryophyllene	1,82	0,4

II. Les huiles essentielles

1. Définition

Les huiles essentielles sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages (CSEKE & KAUFMAN, 1999). Ces extraits contiennent en moyenne 20 à 60 composés qui sont pour la plupart des molécules peu complexes, soit des monoterpènes avec leurs phénols reliés, et des terpènes plus complexes, dont les sesquiterpènes.

Les huiles essentielles sont connues dès l'antiquité pour leurs propriétés médicinales. Elles ont constitué petit à petit un outil remarquable de défense contre les insectes nuisibles en général et ceux des denrées stockées en particulier (KEITA et al., 2001). Elles ont un effet antiseptique et antifongique. Certaines huiles essentielles dont les constituants principaux

possèdent des propriétés répulsives ou dissuasives bien connues, sont utilisées depuis longtemps pour la protection du grain entreposé (**REGNAULT-ROGER et al., 1993**).

Les huiles essentielles contiennent un nombre considérable de familles biochimiques (chémotypes) incluant les alcools, les phénols, les esters, les oxydes, les coumarines, les sesquiterpènes, les terpénols, les cétones, les aldéhydes... Il est à noter qu'elles ne sont pas constituées d'acides gras, ni aucun autre corps gras.

Il est important de faire la différence entre les huiles essentielles et les huiles végétales. Les huiles essentielles sont obtenues par expression (réservée aux agrumes) ou par distillation à la vapeur d'eau. Elles sont volatiles, solubles dans l'alcool et dans l'huile, mais pas dans l'eau. Ce sont des substances odorantes. Une huile végétale est obtenue par pression, et est constituée majoritairement de corps gras (**FANNY, 2008**).

2. Historique

L'utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre les insectes remonte aux anciennes civilisations, tout d'abord en Orient et au Moyen Orient, et par la suite au nord de l'Afrique et en Europe (**THIAM & DUCOMMUN, 1993 ; FRANCHOMME et al., 1990**). Les extraits des plantes sont utilisés en Inde depuis plus de 7000 ans, en Chine depuis 4500 ans, en Égypte entre 3000 et 2000 ans avant notre ère. Aujourd'hui encore plusieurs paysans utilisent leurs connaissances et leur savoir-faire dans ce domaine (**REGNAULT-ROGER et al., 2008**). Plusieurs auteurs, comme **VINCENT et al. (2000)**, **NTEZURUBANZA (2000)**, **ISMAN (2000)**, **REGNAULT-ROGER et al. (1993)**, **THIAM & DUCOMMUN (1993)**, **RODGERS (1993)**, **ANONYME (1981)**, **GTZ (1980)**, rapportent qu'un nombre important d'espèces de plantes riches en huiles essentielles est utilisé comme moyens traditionnels de protection des stocks. Les paysans les utilisent à l'état naturel, pulvérisent, en phase aqueuse ou huileuse, en infusion, en décoction, en solution et même sous forme de cendre, d'aérosol ou fumée, afin de mettre à profit les activités insecticides, répulsives ou antiappétantes vis-à-vis des insectes.

De nombreux chercheurs, qui sont à la recherche des insecticides efficaces, peu rémanents, respectueux de la santé humaine et de l'environnement, se sont penchés sur l'utilisation des plantes aromatiques. Ainsi, beaucoup de travaux ont été réalisés en ce sens pour le contrôle des ravageurs du maïs et du niébé, notamment en zone tropicale. D'après **ISMAN (2000)** et **KÈITA et al. (1999)**, plus de 1000 plantes recensées aujourd'hui ont des propriétés variant de la dissuasion à la répulsion avec association de l'antiappétence ou la létalité contre les ennemis des cultures et des stocks. Mais l'évaluation scientifique de l'efficacité de ces substances dans les situations réelles dans les stocks n'a que rarement été démontrée.

Les substances d'origine végétale, en particulier les huiles essentielles, ont fait l'objet de nombreuses recherches en vue de réduire les pertes occasionnées par les insectes ravageurs des grains stockés par leurs effets insecticides vis-à-vis des Bruchidae (**DESPHANDE et al., 1974 ; DESPHANDE & TIPNIS, 1977 ; VARMA & PANDEY, 1978 ; HILL & VAN SCHOONHOVEN, 1981 ; DON PEDRO, 1989 ; IVBIJARO, 1990 ; SCHMIDT et al., 1991 ; SECK et al., 1991 ; SHAAYA et al., 1991 ; MAHGOUB, 1992 ; GBOLADE & ADEBAYO, 1994 ; SHAAYA et al., 1997 ; REGNAULT-ROGER & HAMRAOUI, 1997 ; TUNC et al., 2000 ; KEITA et al., 2001 ; RAJA et al., 2001 ; TAPONDJOU et al., 2003 ; KELLOUCHE & SOLTANI, 2004 ; KELLOUCHE, 2005**).

De nos jours, les constituants de beaucoup d'huiles essentielles possédant des activités neurotoxiques pour les insectes sont connus (**SANON et al., 2002**). L'état actuel des connaissances sur le pouvoir insecticide des extraits de beaucoup d'autres plantes n'est pas suffisant pour estimer leur pouvoir insecticide dans les laboratoires et dans les champs.

BOSTANIAN et al. (2005) affirment que les substances doivent être toxiques pour les ravageurs ciblés et en même temps avoir peu d'effets sur les agents biologiques tels que les prédateurs et les parasitoïdes. Ces critères importants doivent être satisfaits avant l'utilisation d'une préparation à l'échelle commerciale.

3. Répartition et localisation

Les huiles essentielles se trouvent chez environ 2000 espèces réparties en 60 familles (**RICHTER, 1993**). Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs, elles se rencontrent dans l'embranchement des Spermaphytes, les genres qui sont capables de les élaborer sont rassemblés dans un nombre restreint de familles comme les Lamiaceae, Lauraceae, Asteraceae, Rutaceae, Myrtaceae, Poaceae, Cupressaceae, Piperaceae (**BRUNETON, 1999**).

La synthèse et l'accumulation d'une huile essentielle sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées, le plus souvent situées sur ou à proximité de la surface du végétal (**BRUNETON, 1987**). Il existe en fait quatre structures sécrétrices :

- Les cellules sécrétrices : Chez les Lauracées, Zingibéracées.
- Les poils glandulaires épidermiques : Chez les Lamiacées, Géraniacées, ...
- Les poches sphériques schizogènes : Les glandes de type poche se rencontrent chez les familles des Astéracées, Rosacées, Rutacées, Myrtacées, ...
- Les canaux glandulaires lysigènes : On les retrouve chez les Conifères, Ombellifères, ...

Sur le site de stockage, les gouttelettes d'huile essentielle sont entourées de membranes spéciales constituées d'esters d'acides gras hydroxylés hautement polymérisés, associés à des

groupements peroxydes. En raison de leur caractère lipophile et donc de leur perméabilité extrêmement réduite vis-à-vis des gaz, ces membranes limitent fortement l'évaporation des huiles essentielles ainsi que leur oxydation à l'air (**BRUNETON, 1993 ; TEUSCHER & LOBSTEIN, 2005**). La mise en évidence de l'huile essentielle dans les coupes d'organes s'effectue à l'aide de colorants lipophiles comme le noir Soudan III qui colore en rouge les gouttelettes essence.

Les teneurs en huiles essentielles sont généralement très faibles, il faut parfois plusieurs tonnes de plantes pour obtenir un litre d'huile essentielle. A l'exception de celle du bouton florale du giroflier où le rendement en huile essentielle atteint largement les 15% (**MAKHLOUF, 2002**).

4. Fonctions biologiques

Bien que de nombreuses hypothèses aient été avancées pour expliquer les raisons de la synthèse de l'essence par la plante, nul ne sait avec exactitude pourquoi la plante fabrique son essence. Mais ce qui est probable c'est que le rôle des huiles essentielles au niveau du matériel végétal est intimement lié à leur situation (**RICHARD, 1992**).

Les spécialistes considèrent les huiles essentielles comme des sources de signaux chimiques permettant à la plante de contrôler ou réguler son environnement. Par exemple, ces huiles confèrent un rôle défensif contre les champignons et microorganismes et attractif vis-à-vis des insectes pollinisateurs. Un feuillage renfermant une teneur élevée en essences végétales (Ex : laurier) le protège contre les herbivores. Le rôle des huiles essentielles au niveau des racines, des écorces et du bois confère à la plante un effet antiseptique vis-à-vis des parasites telluriques (**RICHTER, 1993**).

Il est toutefois vraisemblable que ces huiles interviennent aussi bien dans les interactions végétal-végétal (inhibition de la germination et de la croissance) que dans les interactions végétal-animal.

5. Composition chimique

La composition chimique des huiles essentielles est très complexe. Nous trouvons de nombreuses structures de types terpéniques ou aromatiques dont les teneurs relatives peuvent varier de l'état de traces à plus de 90%, ces constituants sont :

- des carbures (limonène, pinène, cymène, camphène)
- des alcools (linalol, menthol, bornéol)
- des aldéhydes (aldéhydes benzoïque et cinnamique, citral)
- des cétones (méthyl-ethyl-cétone, menthone, carvone, camphre)
- des acides (benzoïques, cinnamique)

- des esters (acétate de linalyle, de bornyle, salicylate de méthyle)
- des ether-oxydes (cinéole)
- des phénols (eugénol, thymol, carvacrol) etc....

D'une manière générale, deux groupes de composés appartenant à deux origines biogénétiques bien distinctes : les terpénoïdes d'une part et les composés aromatiques dérivés du phénylpropane d'autre part (BRUNETON, 1993).

5.1. Les terpénoïdes

Dans le cas des huiles essentielles, seuls seront rencontrés les terpènes les plus volatiles mono (C_{10}) et sesquiterpènes (C_{20}).

- Les monoterpènes

Les monoterpènes sont issus du couplage de deux unités « isopréniques ». Ils peuvent être acycliques (myrcène, ocimène) monocycliques (α et γ -terpinène, p-cymène) ou bicycliques (pinène, camphène, sabinène). Ils constituent parfois plus de 90% de l'huile essentielle (citrus) (BRUNETON, 1999).

- Les sesquiterpènes

De même que les monoterpènes, les sesquiterpènes sont de structure très diverses (C_{15}) : les carbures, les alcools et les cétones sont les plus fréquents (BRUNETON, 1997).

5.2. Les composés aromatiques

Les dérivés du phénylpropane (C_6-C_3) beaucoup moins fréquents que les précédents. Ce sont très souvent des allyl et propénylphénols, parfois des aldéhydes. On peut également rencontrer dans les huiles essentielles des composés en (C_6-C_1) comme la vanilline ou comme l'anthranilate de méthyle (BRUNETON, 1993).

Sur la base de la composition chimique des huiles essentielles, on divise les essences en :

- Essences hydrocarburées, riches en terpènes
- Essences oxygénées
- Essences sulfurées (VALNET, 1984)

6. Les domaines d'utilisation des huiles essentielles

Les huiles essentielles par leurs propriétés nombreuses et variées sont utilisées dans différents secteurs: en parfumerie, en cosmétologie, en conserverie et dans les industries pharmaceutiques (DORMAN & DEANS, 2000 ; LAHLOU, 2004 ; PRABUSEENIVASAN et al., 2006 ; ROTA et al., 2008).

- Industrie alimentaire

Les plantes aromatiques, les épices et leurs huiles essentielles sont utilisées depuis des siècles dans la préparation alimentaire non seulement pour la saveur qu'elles apportent, mais aussi

comme conservateurs, pour empêcher le développement des contaminants alimentaires (MEBARKI, 2010).

Plusieurs travaux ont montré que les huiles essentielles de genévrier, de cannelle, de romarin, de clou de girofle et d'autres plantes aromatiques ont un effet inhibiteur sur la croissance et la toxinogénèse de plusieurs bactéries et champignons responsables de toxi-infections alimentaires (VALERO & FRANCO, 2006 ; MEBARKI, 2010).

- Désinfection des locaux

Grâce à leur pouvoir antiseptique, les huiles essentielles peuvent permettre d'assainir l'air ambiant ou du système de ventilation, notamment dans le milieu hospitalier, entraînant un effet bénéfique au niveau de la qualité de l'air et limitant aussi la propagation des germes microbiens (BILLERBECK, 2007).

- Activité pharmaco-thérapeutique

Depuis longtemps, les huiles essentielles sont utilisées en thérapeutique, leurs applications sont vastes. Elles requièrent de bonnes connaissances de ces substances et le bon fonctionnement du corps humain car si leur pouvoir antiseptique est indiscutable, leur toxicité l'est aussi (MORENO-RODRIGUEZ *et al.*, 2006). L'usage des huiles essentielles en médecine ne fut jamais abandonné malgré la découverte des processus de synthèse organique et la naissance de l'industrie pharmaceutique. Elles sont considérées comme un véritable réservoir de molécules de base qui sont irremplaçables (OURAINI *et al.*, 2007).

De nombreuses huiles essentielles se trouvent dans différentes préparations pharmaceutiques : sirop, gouttes, gélules, elles rentrent aussi dans la préparation d'infusion telle que, la verveine, le thym, la menthe et autres (PRABUSEENIVASAN *et al.*, 2006 ; DOMARACKY *et al.*, 2007).

- Activité antimicrobienne des huiles essentielles

En phytothérapie les huiles essentielles sont utilisées contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne, comme les bactéries endocanaliaires ou la microflore vaginale, ou d'origine fongique comme les dermatophytes, les moisissures allergisantes ou les champignons opportunistes (BILLERBECK, 2002). Elles représentent aussi des propriétés cytotoxiques qui les rapprochent donc des antiseptiques et désinfectants en tant qu'agents antimicrobiens à large spectre (BILLERBECK, 2007). Cette activité antimicrobienne est principalement en fonction de leur composition chimique, et en particulier de leurs composés volatils majeurs (MEBARKI, 2010).

Les conditions environnementales influencent aussi la composition. La température, la quantité de lumière, la pluviométrie, les conditions édaphiques représentent autant de causes

potentielles de variations de la composition chimique d'une plante aromatique donnée (CURADO *et al.*, 2006).

Les conditions culturales telles que la date de semis, date de récolte, les traitements phytosanitaires, l'emploi d'engrais, ainsi que les techniques de récolte... influencent aussi la composition (ANTON & DELOBEL, 2004). En fait, une même espèce végétale peut fournir des huiles essentielles, de compositions chimiques différentes. Ces différences sont dues à la période de récolte des plantes, au mode d'extraction utilisé, aux facteurs environnementaux (altitude, ensoleillement, nature du sol, ...).

6. Etat naturel et principales familles des plantes aromatiques

Les huiles essentielles se rencontrent dans tout le règne végétal. Cependant elles sont particulièrement abondantes chez certaines familles (MANN, 1987) : Conifères, Rutacées, Ombellifères, Myrtacées, Lamiacées, Poacées. Tous les organes peuvent en renfermer, surtout les sommités fleuries (lavande, menthe...), mais on en trouve dans les racines ou rhizomes (vétiver, gingembre), dans les écorces (cannelles), le bois (camphrier), les fruits (poivres), les graines (Muscade).



Chapitre III
Matériels et méthodes

1. Elevage des insectes

- L'élevage de masse des bruches d'*Acanthoscelides obtectus* et *Callosobruchus maculatus* est réalisé dans deux bocaux en plastique (19 x 10 cm). Chaque bocal contient 500 g de graines (haricot ou pois chiche) (Fig.13). Celui-ci se fait dans une étuve réglée à une température de 28°C et à une humidité relative de 75%.

- L'élevage de masse de *Sitophilus granarius* et *Rhyzopertha dominica* est effectué dans deux bocaux en plastique (14 x 11 cm). Chaque bocal contient 500g de grains de blé dur (Fig.14). Les grains secs sains utilisés comme substrat alimentaire et proviennent de la coopérative des céréales et des légumes secs (CCLS) de Tlemcen.

Les individus de *Tribolium castaneum* sont maintenus dans un bocal en verre (16x7 cm) contenant des grains de blé endommagés.

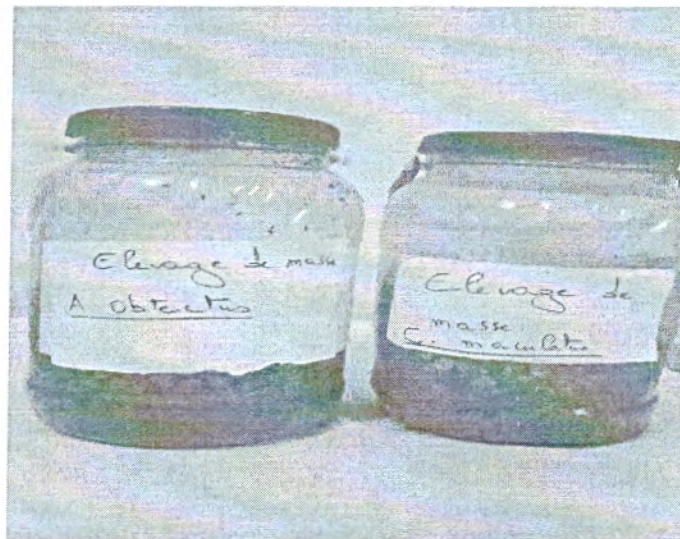


Figure 13 : Elevage de masse des buches *Acanthoscelides obtectus* et *Callosobruchus maculatus*

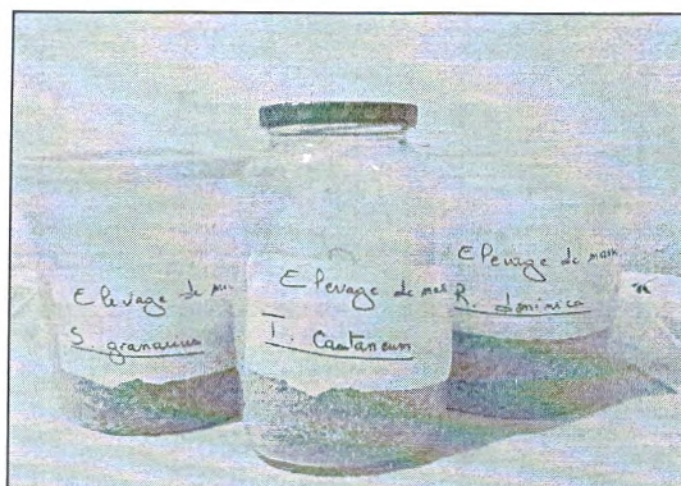


Figure 14 : Elevage de masse des ravageurs de blé : *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*

2. Cycle de développement

- Le développement larvaire et nymphal d'*Acanthoscelides obtectus*, *Callosobruchus maculatus* et *Rhyzopertha dominica*, se déroule à l'intérieur des graines. Pour pouvoir observer ces stades cachés, nous avons utilisé des boîtes de Pétri en plastique de 8.5cm de diamètre (contenant chacune, 5 couples d'*Acanthoscelides obtectus* pour 10 graines d'haricot sains, 5 couples de *Callosobruchus maculatus* pour 10 graines de Pois chiche sains, 5 couples de *Sitophilus granarius* pour 10 grains de blé dur sains, 5 couples de *Rhyzopertha dominica* pour 10 grains de blé dur sains). Les insectes sont âgés de 0 à 48 heures. Les essais sont répétés 4 fois.

Pour suivre le développement larvaire, nous avons eu recours à des dissections de grains contaminés, depuis la pénétration de la larve à l'intérieur du grain jusqu'à la fin de la nymphose.

- *Sitophilus granarius* : Pour pouvoir observer les stades cachés, nous avons utilisé des boîtes de Pétri en plastique de 8.5cm de diamètre, contenant chacune, 5 couples de *Sitophilus granarius* pour 10 graines de blé dur sains, le dénombrement des trous de ponte (Fig 15) a été effectué après coloration des milieux par la méthode de **HOLLOWAY (1985)**. Les grains ont été d'abord humidifiés par trempage dans un bain d'eau tiède (25 à 30°C); puis immergés pendant 30 à 60 secondes dans la solution de fuschine (solution d'eau distillée contenant 5 % d'acide acétique et 0,5 % de fuschine acide). Les substances mucilagineuses qui bouchent les trous de ponte colorés en rouge cerise par la solution ont été dénombrées après rinçage des grains à l'eau et observation directe sous une loupe binoculaire. Les essais sont répétés 4 fois. Les échantillons sont maintenus dans une étuve réglée à 28°C et 75% humidité relative.

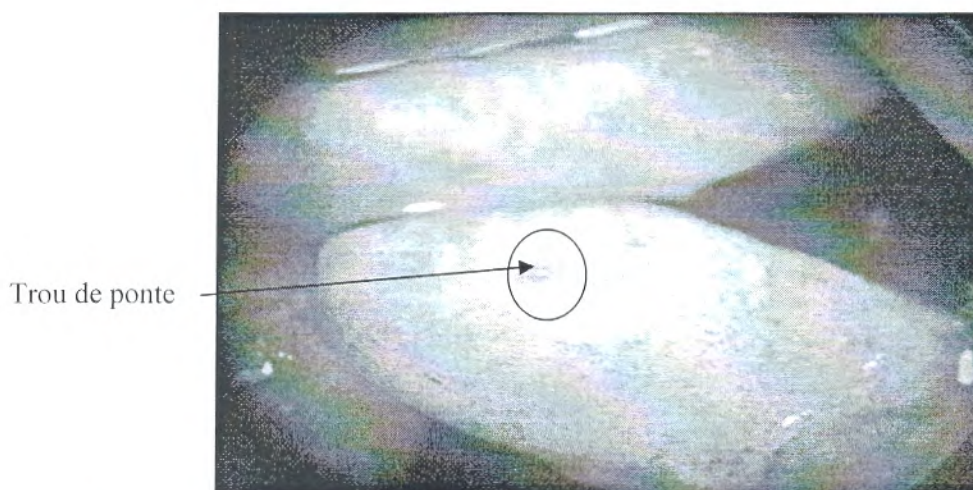


Figure 15: Trou de ponte de *Sitophilus granarius* sur les grains de blé dur G : 10x2 (photo originale)

- *Tribolium castaneum*

L'étude du développement de *Tribolium castaneum* se fait dans des boîtes de Pétri en plastique et la semoule a été utilisée comme substrat alimentaire. Toutes les boîtes sont infestées par cinq couples âgés de 0 à 48 h.

Les échantillons sont maintenus dans une étuve réglée respectivement à 28°C et 75% humidité relative. Les essais sont répétés 4 fois.

3. Identification du sexe

3.1. Technique d'obtention des couples d'*Acanthoscelides obtectus*, *Tribolium castaneum*, *Callosobruchus maculatus*, *Rhyzopertha dominica*

L'identification du sexe d'*Acanthoscelides obtectus* et *Tribolium castaneum* se fait sous la loupe binoculaire (Fig 16 et Fig 17), selon la présence ou l'absence de pièce génitale femelle (ovipositeur), les femelles d'*Acanthoscelides obtectus* possèdent une taille plus grande comparativement aux mâles, la distinction entre les deux sexes de *Callosobruchus maculatus* se fait par l'observation de l'aspect général, les femelles sont de taille plus grande et de couleur plus foncée (BECK & BLUMER, 2007).

Chez *Rhyzopertha dominica* le cinquième segment abdominal ventral des femelles (Fig19) est plus jaunâtre et lisse par rapport aux mâles (STEMLY & WILBUR, 1966).

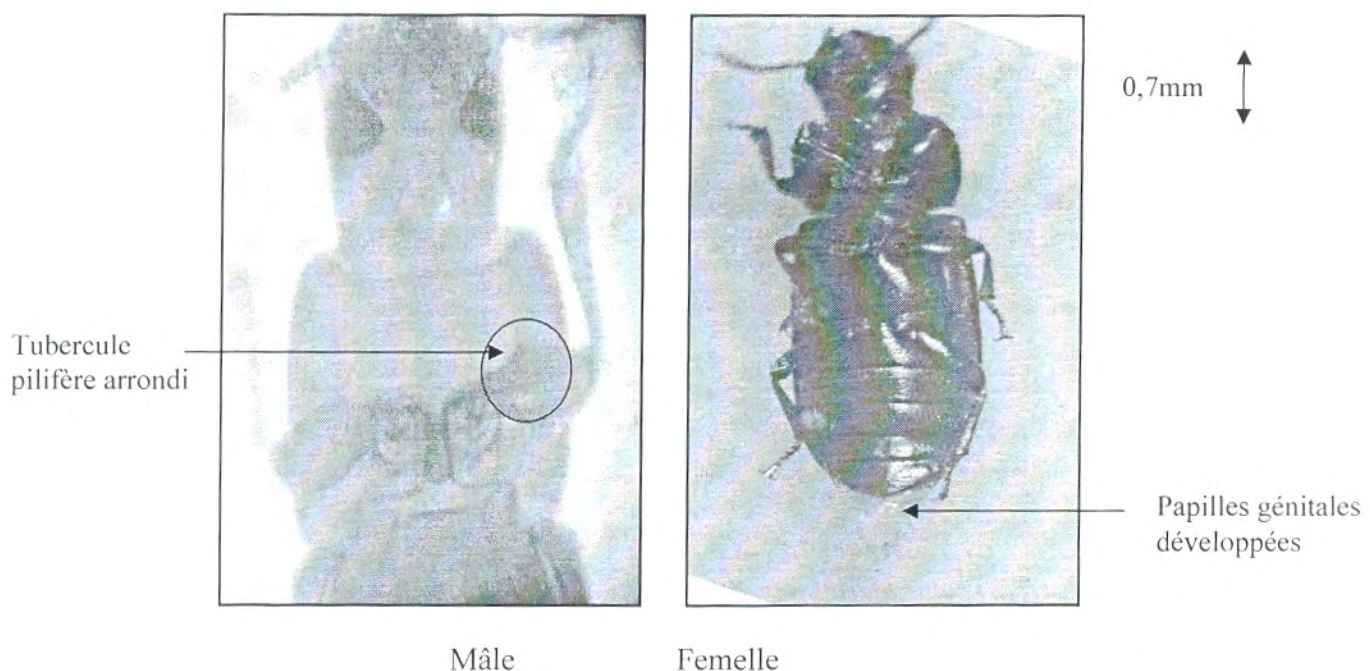


Figure 16 : Dimorphisme sexuelle chez *Tribolium castaneum* G 10x2 (Photo originale)

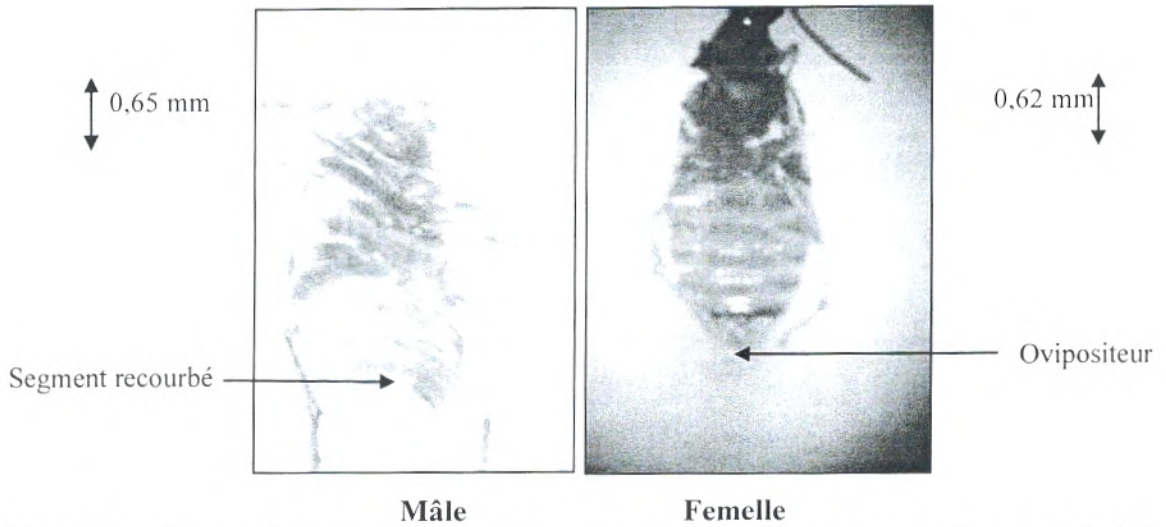


Figure 17 : Dimorphisme sexuelle chez *Acanthoscelides obtectus* G 10x2 (Photo originale)

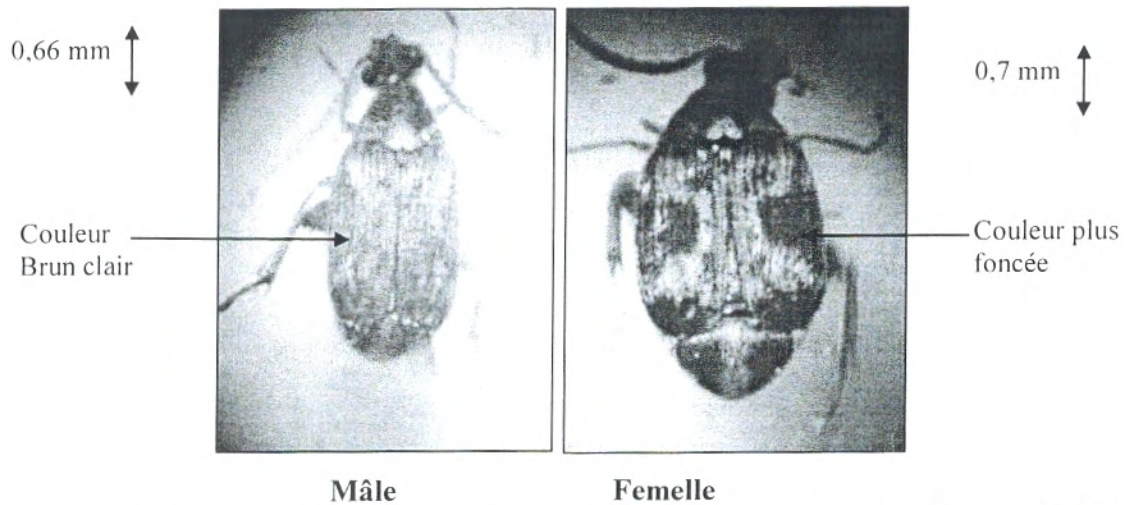


Figure 18 : Dimorphisme sexuelle chez *Callosobruchus maculatus* G 10x2 (Photo originale)

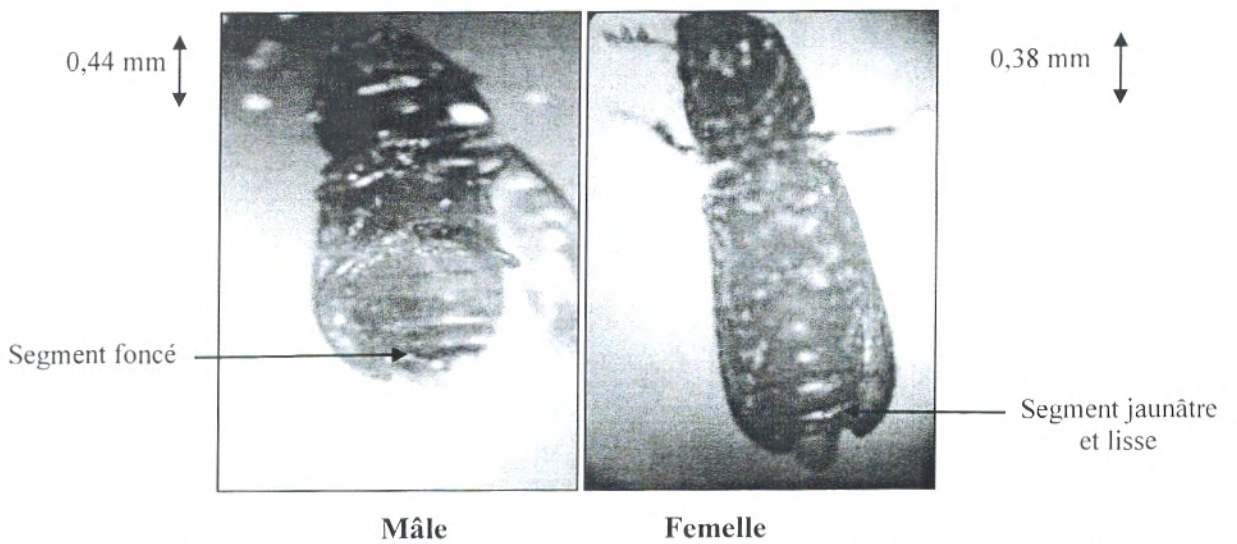


Figure 19 : Dimorphisme sexuelle chez *Rhyzopertha dominica* G 10x2 (Photo originale)

3.2 Technique d'obtention des couples de *Sitophilus granarius*

Les adultes de *Sitophilus granarius* (âgés de 0 à 48 heures) issus du blé tamisé sont mis dans un récipient un milieu à base de blé dur dans un récipient, les bordures de ce récipient sont saupoudrées de talc, afin d'empêcher les montées et sorties des insectes. L'ensemble, récipient contenant le blé et les charançons est placé dans une salle obscure où, toutes les quinze minutes, nous vérifions à la lumière d'une torche la présence d'éventuels couples formés (Fig, 20). A l'aide d'une pince molle, ces couples sont isolés dans des boîtes utilisées pour l'expérimentation et contenant auparavant l'aliment choisi, tout en s'assurant, chaque fois, que deux individus couplés ont été ramassés.



Figure 20 : Accouplement chez *Sitophilus granarius* G 10x2 (Photo originale)

4. Récolte et préparation du matériel végétal

Nous avons utilisé pour nos tests deux plantes appartenant à des familles différentes, récoltés de différentes régions :

Pseudocytisus integrifolius (Kasdir): cette plante a été récoltée de la région el Kasdir, wilaya « Nâama »

Nepeta nepetella (Gouzia) : cette espèce a été récoltée de la région Méchria wilaya « Nâama »
La partie supérieure des plantes (tiges et feuilles) est nettoyée et séchée à la température ambiante de 21°C à 24°C pendant dix jours.

Une partie est utilisée pour l'extraction des huiles essentielles et l'autre est broyée en poudre à l'aide d'un broyeur électrique pour tester l'effet des poudres des feuilles sur les cinq insectes étudiés, le broyat est ensuite passé sur un tamis de mailles de 0.5 mm de diamètre pour avoir

une poudre fine et homogène. L'identification des espèces végétales est réalisée par les botanistes du laboratoire d'écologie végétale de l'Université de Tlemcen.

Tableau 3 : Présentation des plantes aromatiques testées

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Lieu de récolte	Date de récolte
<i>Pseudocytisus integrifolius</i> <i>ssp vella glabrescens</i>	Queçder ou El Kasdir	Brassicacées	région El kasdir Naama	Avril 2010 Avril 2012
<i>Nepeta nepetella</i> <i>ssp amethystina</i>	Gouzia	Lamiacées	Ain essafra	Juillet 2012

5. Extraction des huiles essentielles

L'extraction des huiles essentielles à partir des feuilles des plantes est réalisée à l'aide d'un dispositif d'hydrodistillation (Fig.21). Pour *Pseudocytisus integrifolius* une première quantité a été fournie par Dr Bendimerad N. (laboratoire des produits naturels, Faculté des sciences, Tlemcen). Pour *Nepeta nepetella* la première quantité a été fournie par Dr Bendahou M.

Pour cette étude, le même processus d'extraction a été utilisé.

Nous avons émergé 2kg de *Pseudocytisus integrifolius* dans 5 litre d'eau distillée, l'ensemble est porté à ébullition pendant une durée de 3 à 5 heures.

Pour *Nepeta nepetella*, nous avons émergé 200g d'échantillon dans 400 ml d'eau distillée, l'ensemble est porté ébullition pendant une durée de 2 à 3 heures.

Le rendement des huiles essentielles est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue et la masse sèche du matériel végétal à traiter (KAID SLIMANE, 2004).

$$R = \frac{m_1}{m_2} \times 100$$

R : rendement en huiles essentielles exprimé en %

m 1 : masse des huiles essentielles en gramme

m 2 : masse d'échantillon en gramme

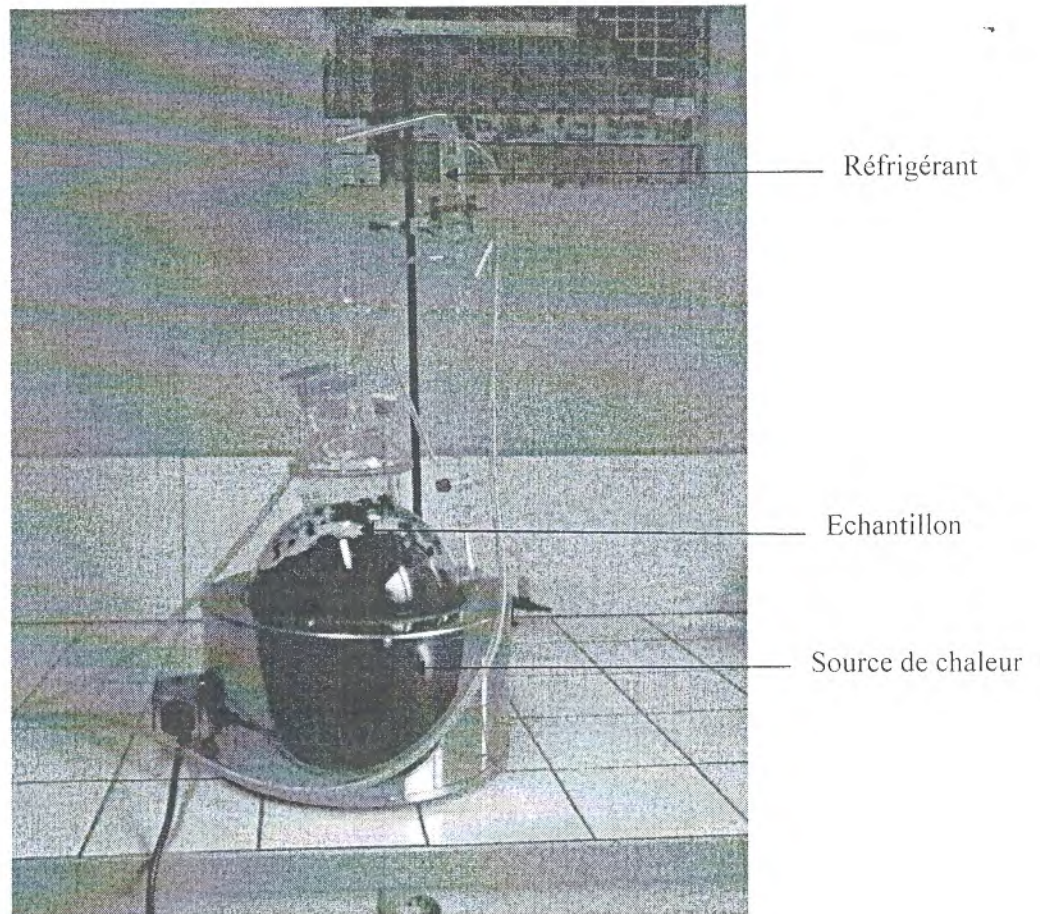


Figure 21 : Dispositif d'hydrodistillation (Photo originale)

6. Doses et traitements

6.1. Effet de poudre des feuilles

a) Sur les adultes des bruches

Cinq (5) couples (âgés de 0 à 48 h) sont introduits dans des boîtes de Pétri contenant 30g de graines (*Acanthoscelides obtectus*/ haricot, *Callosobruchus maculatus*/pois chiche) mélangés avec la poudre des feuilles de chaque plante étudiée, à six doses choisies (0,50% ; 0,75% ; 1% ; 1,50% ; 2% et 2,5% du poids de la poudre par poids de graines), soit un poids en poudre de 0,15g ; 0,22g ; 0,3g ; 0,45g ; 0,6g et 0,75g respectivement. Pour chaque poudre des feuilles, dose, lot témoin, les expériences sont répétées quatre fois.

b) Les ravageurs du blé

- *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica*

Pour chaque type de poudre (feuilles de *Pseudocytisus integrifolius* et feuilles de *Nepeta nepetella*) nous avons choisi six doses (0,50% ; 0,75% ; 1% ; 1,50% ; 2% ; 2,5% ; du poids de la poudre par poids de grains), soit un poids en poudre de 0,15g ; 0,22g ; 0,3g ; 0,45g ; 0,6g et 0,75g.

Cinq couples de *Sitophilus granarius* âgés de 0 à 48 heures sont introduits dans des boîtes de Pétri contenant 30g grains de blé dur mélangé ensuite chacune avec des poudres à tester à différentes doses, et cinq couples âgés de 0 à 48 heures de *Rhyzopertha dominica* sont introduits dans des boîtes de Pétri contenant 30g grains de blé que l'on mélange ensuite avec chacune des poudres des feuilles des plantes étudiées à différentes doses choisies. Pour chaque poudre de plante, dose et chaque lot témoin les expériences sont répétées quatre fois.

- *Tribolium castaneum*

Les poudres obtenues à partir des parties aérienne de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* ont été mélangées chacune à des doses de (0,50% ; 0,75% ; 1% ; 1,50% ; 2% et 2.5% du poids de la poudre par poids de semoule), soit un poids en poudre de 0,15g, 0,22g, 0,3g, 0,45g, 0,6g et 0.75g respectivement par 30g de semoule (blé dur) dans des boîtes de Pétri. Le témoin contient 30g de semoule seulement.

Un lot de 20 insectes, 10 adultes (cinq couples) et 10 larves (L2) ont été introduits séparément dans chaque boîte de Pétri. Le comptage des insectes morts est effectué quotidiennement après 24 heures de contact jusqu'à la mort de tous les individus.

Pour chaque poudre des feuilles, dose et chaque lot témoin, quatre répétitions ont été réalisées.

6.2. Effets des huiles essentielles

6.2.1. Traitement par contact

a) Sur les bruches

Nous introduisons dans des boîtes de Pétri, 30g de haricot et dans d'autres 30g de pois chiche puis les graines sont traitées avec une solution acétonique de 1ml concentrée en huile essentielle à 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 $\mu\text{L}/\text{ml}$ d'acétone, dispersé de manière homogène, l'ensemble est convenablement mélangé. Cinq couples âgés de 0 à 48 heures de chaque espèce d'insecte ont été ensuite placés séparément dans ces boîtes de pétri. Pour chaque espèce d'insecte, 4 lots de graines traités de chaque dose et 4 lots de graines témoins sont conservés à 28°C et 75% d'humidité relative. Les lots témoins sont réalisés avec les graines de haricot et les graines de pois chiche traitées avec l'acétone uniquement.

b) Les ravageurs du blé

- *Sitophilus granarius* et *Rhyzopertha dominica*

Pour chaque essai une solution acétonique de 1ml, contenant des huiles essentielles avec les doses (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 $\mu\text{l}/\text{ml}$ d'acétone) est dispersé de manière homogène dans 30 g de grains de blé contenus dans des boîtes de Pétri. Cinq couples âgés de 0 à 48 heures de chaque espèce d'insecte ont été ensuite placés séparément dans ces boîtes de pétri, les doses testées

sont de 1 µl/30g grains, 2 µl/ 30g grains, 3 µl/ 30g grains, 4 µl/ 30g grains, 5 µl/ 30g grains, 6 µl/ 30 g grains et 7 µl/ 30g grains. Le comptage des insectes morts est réalisé quotidiennement pendant une période de 6 jours. Les mortalités enregistrées dans les lots de grains traités ont été exprimées en % de mortalité corrigé.

Les essais sont répétés 4 fois pour chaque dose et le témoin (grains de blé traités avec l'acétone uniquement).

- *Tribolium castaneum*

Pour chaque essai, 1 ml d'une solution acétonique contenant chacune des huiles essentielles à 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 µl/ml d'acétone a été mélangée convenablement avec 30 g de semoule dans une boîte de Pétri. Les essais et lots témoin ont été répétés 4 fois pour chaque dose. Toutes les boîtes ont été infestées par cinq couples de *Tribolium castaneum* âgés de 14 jours au maximum et 10 larves (L2). Les comptages des insectes morts ont été réalisés chaque jour pendant une période de 6 jours. Les mortalités enregistrées ont été exprimées après la correction avec les résultats du témoin.

6.2.1.1. Estimation de la mortalité et calcul de DL 50

Le dénombrement des adultes (des cinq insectes) et des larves de *Tribolium* morts est réalisé quotidiennement pour tous les traitements pendant une période de six jours.

La mortalité observée est exprimée après correction par la formule d'Abbott (ABBOTT, 1925).

$$\% C = \frac{MT - MT_0}{100 - MT_0} \times 100$$

% C = pourcentage de mortalité corrigée

MT = mortalité des objets traités

MT₀ = mortalité des objets non traités.

La dose létale pour 50% de la population d'insectes DL₅₀ est calculée par la méthode des probits (FINNEY, 1971). Les pourcentages de mortalité sont transformés en probits, la régression du logarithme de la dose en fonction des probits des mortalités à l'aide de logiciel MINITAB (version 16) a permis de déterminer la DL₅₀ pour chaque poudre de feuilles et huiles essentielles.

Nous avons calculé la DL₅₀ pour comparer la toxicité des deux plantes testées, sous forme de poudres des feuilles et huiles essentielles, sur les adultes de *Callosobruchus maculatus*,

Acanthoscelides obtectus, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius* et les adultes et larves de *Tribolium castaneum*.

6.2.1.2. Estimation de la fécondité

La fécondité est définie comme étant le nombre d'œufs pondus par la femelle. Pour tester l'effet des poudres des feuilles et les huiles essentielles par contact sur la fécondité des cinq insectes étudiés, nous dénombrons les œufs pondus par femelle, en les comparant au témoin (quatre répétitions sont réalisées pour chaque test).

6.2.1.3. Emergence

Dès l'émergence des individus (selon le cycle de vie de chaque espèce), les individus sont comptés et retirés quotidiennement jusqu'à la fin de l'émergence des individus de la dernière ponte.

6.2.2. Test d'inhalation

6.2.2.1. Test d'inhalation des huiles essentielles sur la mortalité des insectes

Ce test consiste à étudier l'effet des deux huiles essentielles sur le taux de mortalité des adultes des insectes étudiés et sur les larves de *Tribolium* par inhalation.

Dans des bocaux d'un litre de volume, une dose d'huile est déposée sur du coton suspendu à l'aide d'un fil à la face interne du couvercle.

Cinq couples de chaque espèce d'insecte (*Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius*, *Tribolium castaneum*), âgés de 0 à 48 heures et dix larves (L2) de *Tribolium castaneum*, sont introduits dans chaque bocal séparément qui est fermé d'une façon hermétique.

Pour l'ensemble des essais, quatre répétitions ont été réalisées pour chaque dose (1 μ L, 2 μ L, 3 μ L, 4 μ L, 5 μ L, 6 μ L, 7 μ L) et parallèlement un témoin a été réalisé (coton sans huile essentielle). Le dénombrement des individus morts est effectué pour chaque dose, quotidiennement pendant une période de 6 jours. La mortalité observée est exprimée après correction par la formule d'Abbott (ABBOTT, 1925). Nous avons calculé la DL₅₀ pour comparer la toxicité des deux plantes testées, sous forme de poudres des feuilles et huiles essentielles, sur les adultes de *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius* et les adultes et larves de *Tribolium castaneum*.

6.2.2.2. Test d'inhalation des huiles essentielles sur la fécondité

Ce test consiste à étudier l'effet par inhalation des deux huiles essentielles sur la fécondité des femelles des cinq espèces d'insectes *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius* et *Tribolium castaneum*.

Dans des bocaux d'un litre de volume, une dose d'huile est déposée sur du coton suspendu à l'aide d'un fil à la face interne du couvercle.

30g graines d'haricot et cinq couple d'*Acanthoscelides obtectus*, 30g graines pois chiche et cinq couples de *Callosobruchus maculatus*, 30g grains de blé dur et cinq couples de *Sitophilus granarius*, 30g grains de blé dur et cinq couples de *Rhyzopertha dominica*, 30g blé dur endommagés et cinq couples de *Tribolium castaneum* sont introduits séparément dans chaque bocal (les insectes sont âgés de 0 à 48 heures).

Après quatre jours et à l'aide d'une loupe binoculaire, nous dénombrons les œufs, en les comparant au témoin (coton sans huile). Quatre répétitions ont été réalisées pour chaque test.

6.2.2.3. Test d'inhalation des huiles essentielles sur l'émergence

Pour l'appréciation des deux huiles sur l'émergence des adultes, dans des bocaux d'un litre de volume, nous avons déposés une dose d'huile (de 1 μ L à 7 μ L) sur du coton suspendu à l'aide d'un fil à la face interne du couvercle.

30g graines d'haricot et cinq couples d'*Acanthoscelides obtectus*, 30g graines pois chiche et cinq couples de *Callosobruchus maculatus*, 30g grains de blé dur et cinq couples de *Sitophilus granarius*, 30g grains de blé dur et cinq couples de *Rhyzopertha dominica*, 30g blé dur endommagés et cinq couples de *Tribolium castaneum* ne dépassant pas 48 h d'âge sont introduits dans chaque bocal. Après avoir assuré la ponte et le comptage des œufs (après 4 jours), les bocaux sont maintenus dans l'étuve à 28°C et 75% d'humidité relative jusqu'à l'émergence. Les individus adultes sont retirés et dénombrés au fur et à mesure qu'ils émergent. Quatre répétitions sont réalisées pour chaque espèce d'insecte et dose.

7. Effet des pesticides sur la mortalité et la fécondité des cinq insectes étudiés

Il est important de comparer l'efficacité des poudres des feuilles et les huiles essentielles extraites des plantes testées par rapport aux pesticides d'origine chimique à large utilisation, actuellement par les agriculteurs de la région, afin de protéger les récoltes dans les stocks. Nous avons comparé l'efficacité de la poudre des feuilles des plantes avec un insecticide sous forme de poudre, il s'agit de DELTACIS 5 DP (Fig22), qui est un insecticide organophosphoré, avec teneur en matière active à 0.05% Deltaméthrine.



Figure 22 : Insecticide commercialisé DELTACIS 5DP (Photo originale)

* Nous avons aussi comparé l'efficacité des huiles essentielles par contact et inhalation à un pesticide liquide, il s'agit de DE DE VAP 50% (Fig.23), contenant 500g/l de Dichlorvos sous forme d'émulsion concentrée.

Pour tester l'efficacité du DALTACIS 5 DP, nous avons utilisé la même démarche expérimentale et les mêmes doses utilisées pour l'étude de l'efficacité de la poudre des feuilles des deux plantes. Cinq (5) couples ((âgés de 0 à 48 h) sont introduits dans des boîtes de Pétri contenant 30g de grains (grains de blé dur pour *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica*, graines d'haricot pour *Acanthoscelides obtectus* et graines du pois chiche pour *Callosobruchus maculatus*) mélangés avec DALTACIS 5 DP à six doses choisies (0,50% ; 0,75% ; 1% ; 1,50% ; 2% ; 2,5% ; du poids de l'insecticide par poids de graines), soit un poids en DALTACIS 5 DP de 0,15g, 0,22g, 0,3g, 0,45g, 0,6g et 0.75g respectivement. Pour chaque dose et le témoin, les expériences sont répétées quatre fois.

Pour *Tribolium castaneum* 10 adultes (cinq couples) et 10 larves (L2) ont été introduits séparément dans des boîtes de Pétri contenant 30g de semoule mélangés avec DALTACIS 5 DP à six doses (0,50% ; 0,75% ; 1% ; 1,50% ; 2% ; 2,5% ; du poids de l'insecticide par poids de semoule. Le témoin contient 30g de semoule seulement. Les expériences sont répétées quatre fois.

* Pour tester l'efficacité de DE DE VAP 50% nous avons utilisé la même procédure expérimentale et les mêmes doses utilisées pour l'étude de l'efficacité des huiles essentielles extraites des plantes sur les insectes étudiés.

a) Traitement par contact

Pour chaque essai, 1ml d'une solution acétonique contenant chacune de DE DE VAP 50% à 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 $\mu\text{L}/\text{ml}$ d'acétone est ajouté à 30g de graines contenus dans une boîte de Pétri, l'ensemble est convenablement mélangé. Toutes les boîtes sont infestées par cinq couples âgés de 0 à 48 heures (5 couples d'*Acanthoscelides obtectus*/ 30g graines de haricot, 5 couples de *Callosobruchus maculatus* /30g de pois chiche, 5 couples de *Sitophilus granarius*/30g de blé dur, 5 couples de *Rhyzopertha dominica*/ 30g de blé dur). Les essais sont répétés 4 fois pour chaque dose et le témoin. Pour le témoin, les graines de haricot, de pois chiche et les grains de blé dur sont traités avec l'acétone uniquement.

Concernant *Tribolium castaneum*, pour chaque essai, 1 ml d'une solution acétonique contenant chacune de DE DE VAP 50% à 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 $\mu\text{L}/\text{ml}$ d'acétone a été mélangé convenablement avec 30 g de semoule dans une boîte en verre. Les essais ont été répétés 4 fois pour chaque dose. Toutes les boîtes ont été infestées par cinq couples de *Tribolium castaneum* âgés de 14 jours au plus et 10 larves (L2).



Figure 23 : Insecticide commercial DE DE VAP 50% (Photo originale)

b) Traitement par inhalation

Dans des bocaux d'un litre de volume, une dose de DE DE VAP 50% est déposée sur du coton suspendu à l'aide d'un fil à la face interne du couvercle (Fig.24)

30g graines d'haricot et cinq couples d'*Acanthoscelides obtectus*, 30g graines pois chiche et cinq couples de *Callosobruchus macullatus*, 30g grains de blé dur et cinq couples de *Sitophilus granarius*, 30g grains de blé dur et cinq couples de *Rhyzopertha dominica*, 30g blé dur endommagés, cinq couples et dix larves de *Tribolium castaneum* sont introduits séparément dans chaque bocal (les insectes sont âgés de 0 à 48 heures). Pour l'ensemble des essais, quatre répétitions sont réalisées pour chaque dose (1 μ L, 2 μ L, 3 μ L, 4 μ L, 5 μ L, 6 μ L, 7 μ L), parallèlement un témoin a été réalisé (coton sans DE DE VA 50%). Le dénombrement des individus morts est effectué pour chaque dose quotidiennement pendant une période de 6 jours. La mortalité observée est exprimée après correction par la formule d'Abbott (ABBOTT, 1925).

Après quatre jours, à l'aide d'une loupe binoculaire, nous dénombrons les œufs, en les comparants au témoin. Après avoir assuré la ponte, et le comptage des œufs, les bocaux sont maintenus dans l'étuve jusqu'à l'émergence. Les individus adultes sont retirés et dénombrés au fur et à mesure qu'ils émergent.

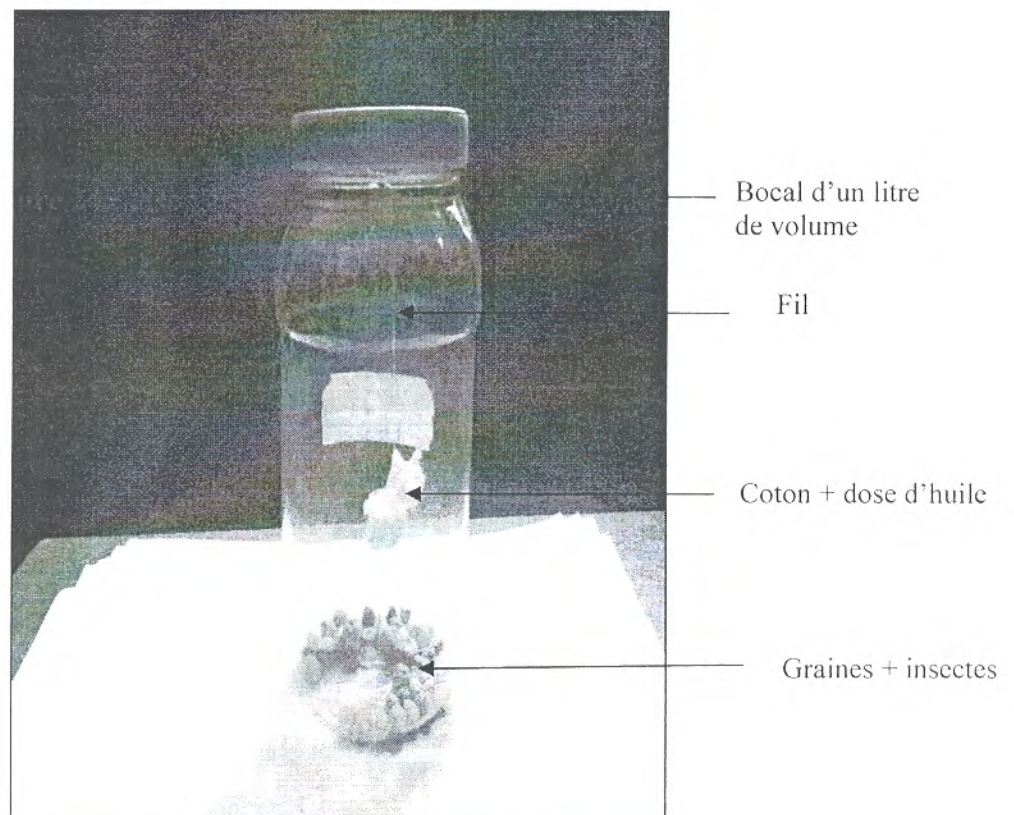


Figure 24 : dispositif expérimental des tests d'inhalation



chapitre IV
Résultats et discussion

1. Cycle de développement des insectes étudiés

1.1. *Callosobruchus maculatus*

Le cycle de développement de *Callosobruchus maculatus* comporte, comme pour tous les coléoptères quatre stades de développement : œuf, larve, nymphe et adulte. Pour le suivi du développement larvaire, nous avons eu recours à des dissections de grains contaminés, depuis la pénétration de la larve néonate à l'intérieur du grain jusqu'à la fin de la nymphose, ce qui nous a permis d'observer que le développement larvaire passe par plusieurs mues à savoir : Larve du 1^{er} stade (L1), Larve du 2^{ème} stade (L2), Larve du 3^{ème} stade (L3) et larve du 3^{ème} stade (L4) (Fig 25).

La durée du cycle de développement, de l'œuf à l'adulte est en moyenne de 29 ± 2 jours dans les graines de pois chiche. Nous avons remarqué que les stades cachés (stades larvaires et nymphose) sont prédominants par leur durée (23 ± 1 jours).

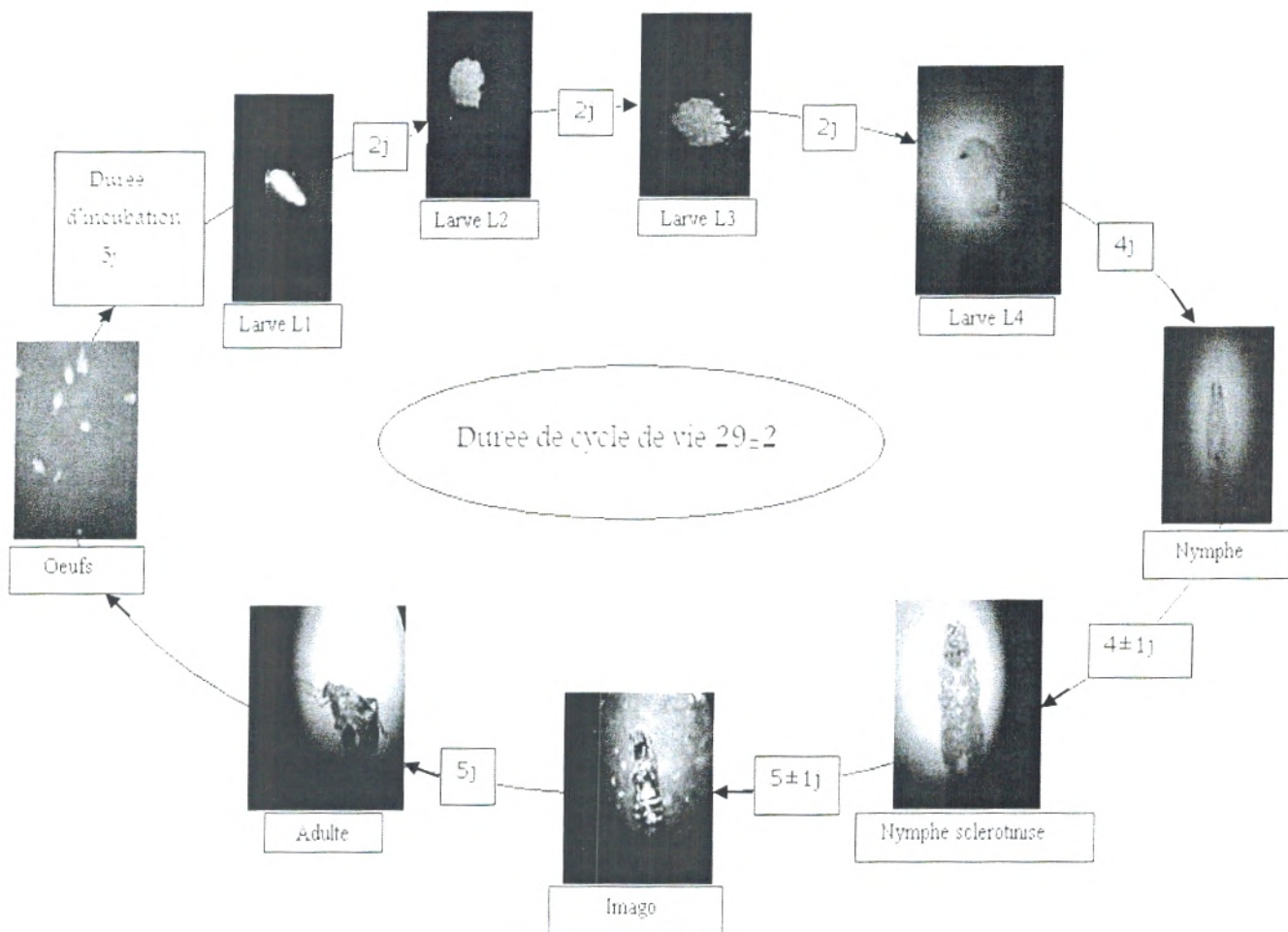


Figure 25 : Cycle de vie de *Callosobruchus maculatus* sur les graines de pois chiche dans les conditions de laboratoire (Photos originales)

1.2. *Acanthoscelides obtectus*

Après la dissection des graines du haricot, des observations quotidiennes ont été effectuées en vue de déterminer la durée d'incubation, de développement des stades larvaires et de la nymphose.

A partir des résultats obtenus, la durée de cycle du développement de la bruche du haricot est en moyenne de 30 ± 1 jours dans les conditions citées auparavant.

Nous avons remarqué que les stades cachés (stades larvaires et nymphose) sont prédominants par leur durée (23 ± 1 jours).

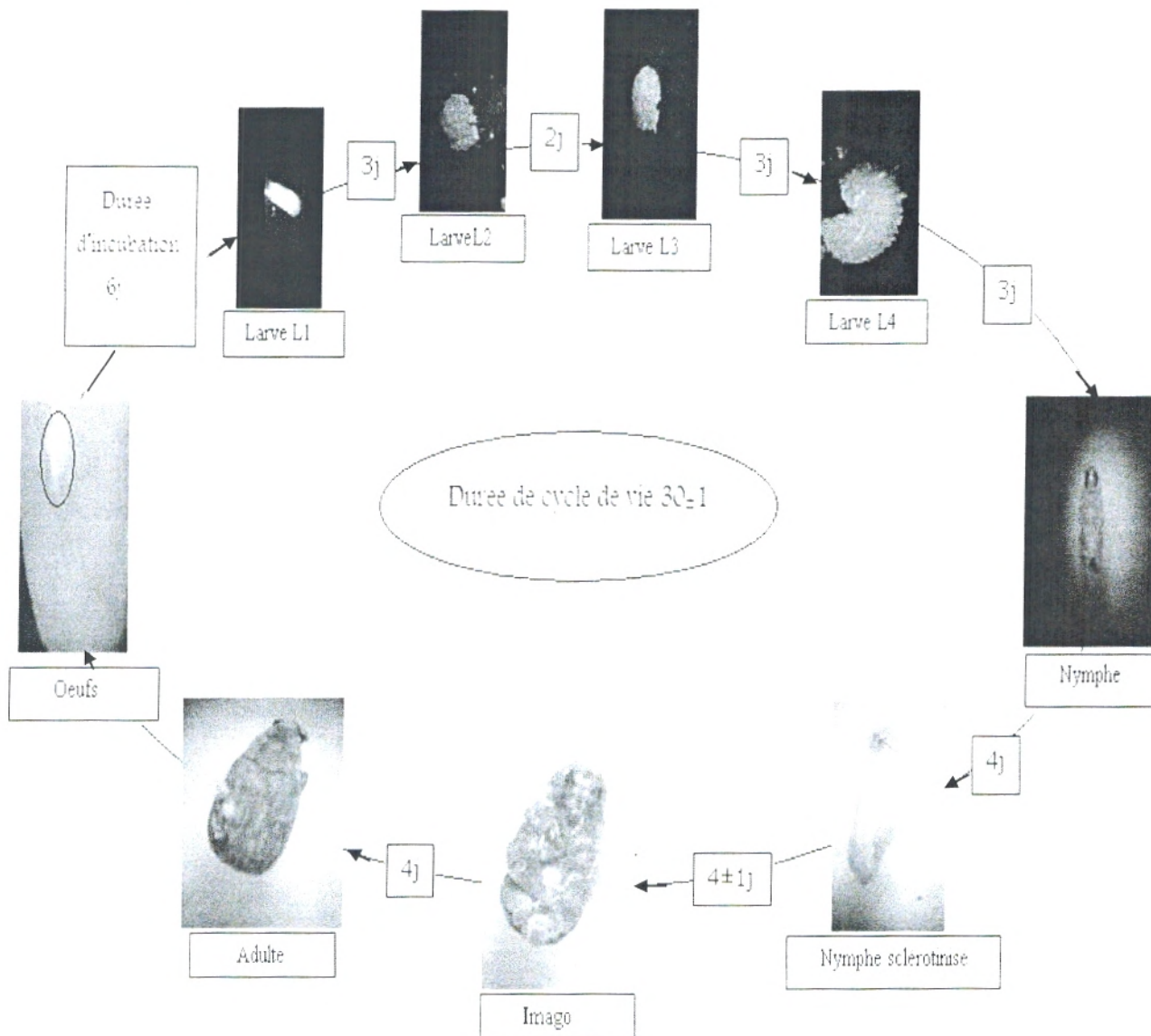


Figure 26 : Cycle de vie d'*Acanthoscelides obtectus* sur les graines de Haricot dans les conditions de laboratoire (Photos originales)

1.3. *Sitophilus granarius*

Les femelles déposent les œufs dans la cavité d'une graine qu'elles forent avec leur rostre. La cavité est ensuite recouverte d'un tampon mucilagineux qui durcit à l'air.

Les larves muent quatre fois, pour finalement se transformer en nymphes.

Dans nos conditions expérimentales, la durée moyenne du cycle complet de développement est de 45 ± 1 jour.

Nous avons remarqué que les stades cachés (stades larvaires et nymphose) sont prédominants par leurs durée (30 ± 1 jours).

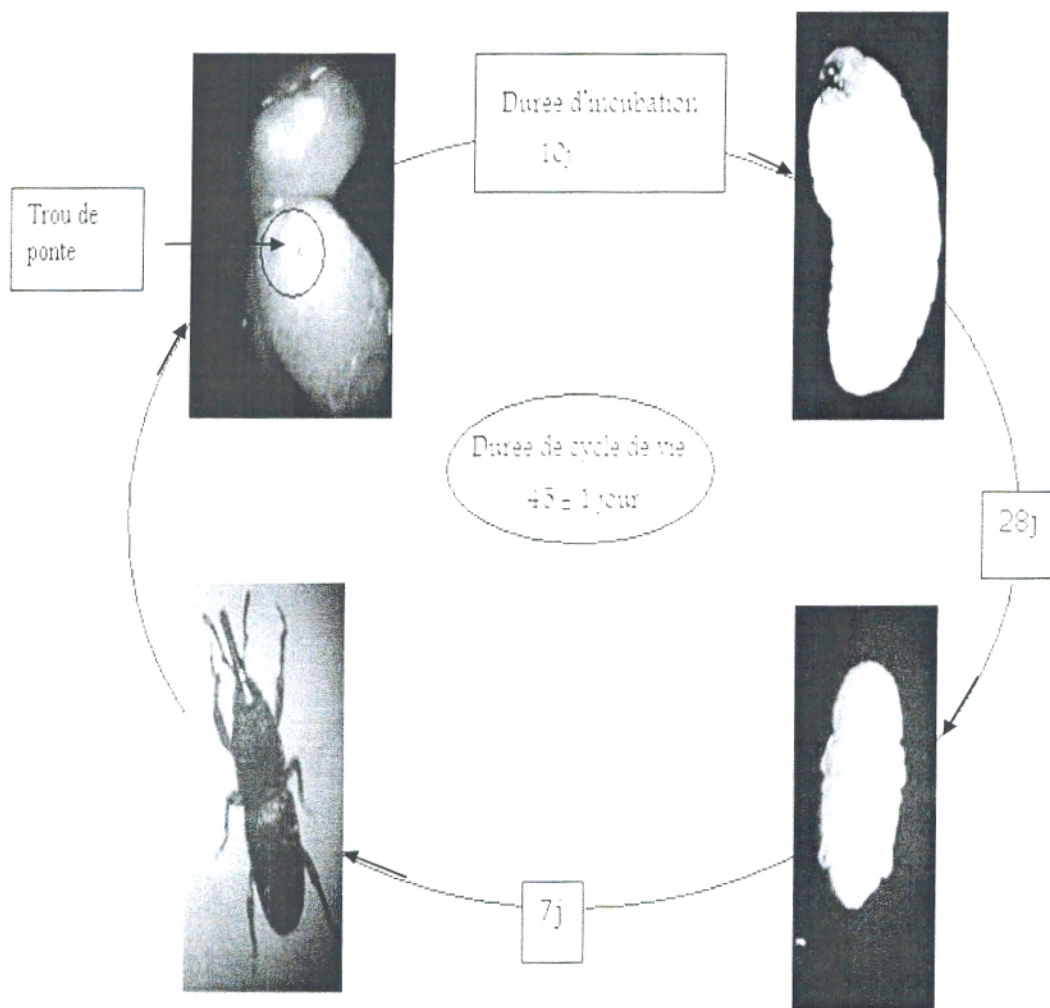


Figure 27 : Cycle de vie de *Sitophilus granarius* sur les grains de blé dur dans les conditions de laboratoire (Photos originales)

1.4. *Rhyzopertha dominica*

Le cycle de développement de *Rhyzopertha dominica* (Fig 28) comporte quatre stades larvaires avant de se nymphoser à l'intérieur du grain. Le cycle complet dure environ 40 jours à 28° C.

Nous avons remarqué que les stades cachés (stades larvaires et nymphose) sont prédominant par leurs durée (32± 1 jours).

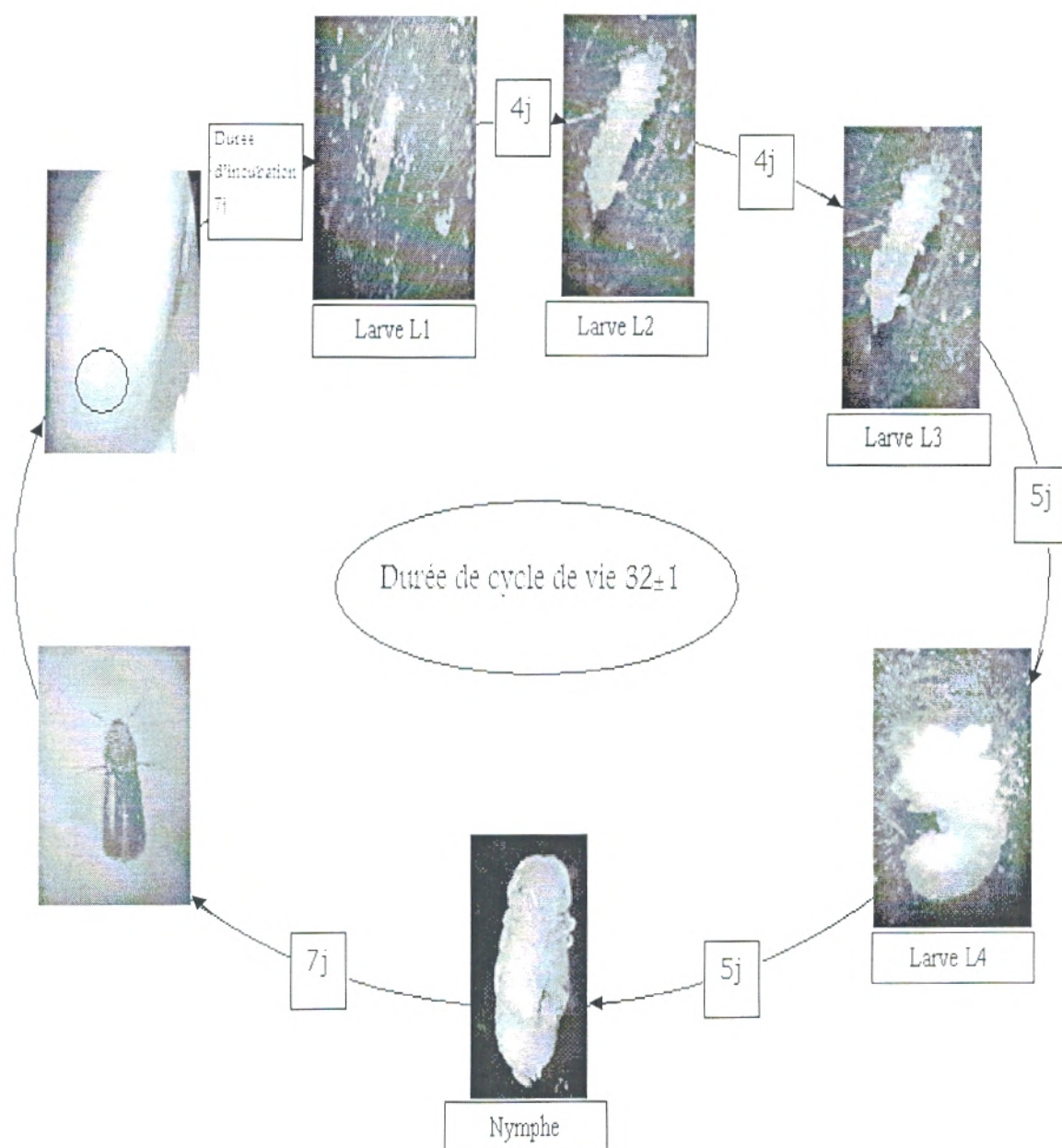


Figure 28 : Cycle de vie *Rhyzopertha dominica* sur les grains de blé dur dans les conditions de laboratoire (Photos originales)

1.5. *Tribolium castaneum*

Les larves circulent librement dans la semoule et s'y nymphosent sans cocon. On a observé six stades larvaires dans nos conditions d'expérimentation.

La durée du cycle de développement, de l'œuf à l'adulte est en moyenne de 28 ± 2 jours dans la semoule et l'adulte émerge de la nymphe environ six jours après sa formation.

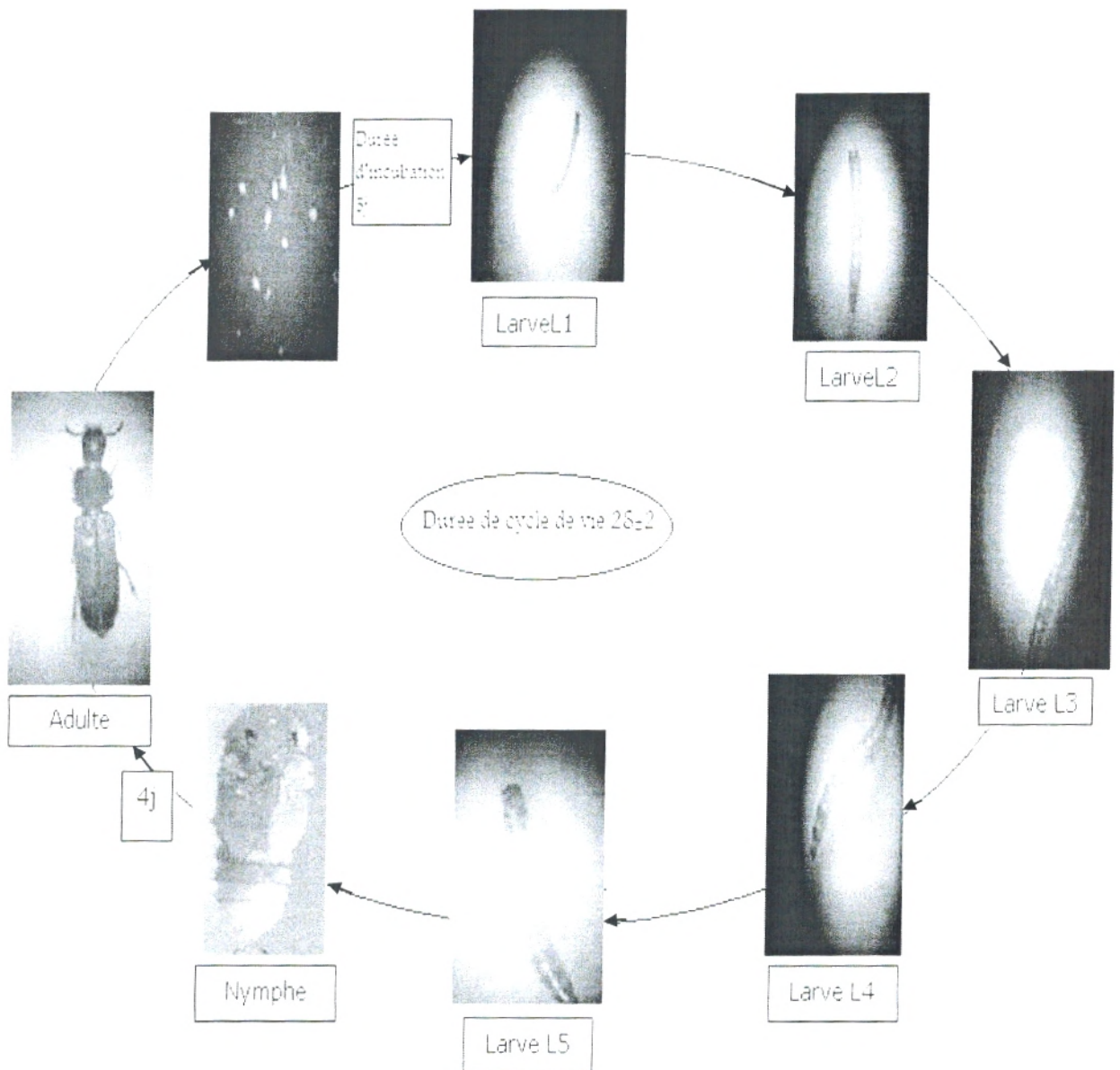


Figure 29 : Cycle de vie *Tribolium castaneum* sur les grains de blé dur dans les conditions de laboratoire (Photos originales)

Discussion

Pour lutter efficacement contre les insectes ravageurs des stocks, il est indispensable de maîtriser leur développement, dans des conditions écologiques bien définies.

Au cours de leur développement, les coléoptères subissent une métamorphose complète (holométabolie). La vie larvaire se déroule essentiellement dans les graines et les larves sont généralement cléthrophages.

Callosobruchus maculatus, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius* et *Rhyzopertha dominica* sont des ravageurs primaires, capables de s'attaquer à des grains sains et entiers.

Le développement larvaire et la nymphose s'effectuent à l'intérieur des graines.

Après éclosion la larve creuse une galerie vers l'intérieur de la graine, ce qui rend très difficile la détermination du nombre des larves et la durée des stades larvaires. Pour pouvoir observer les stades cachés, on peut utiliser la radiographie (ASSEM, 1971 ; OSUJI, 1982) ou selon KELLOUCHE (2005) recourir aux dissections des graines. Dans ce cas le travail est fastidieux et les individus découverts ne peuvent poursuivre leur développement, que s'il s'agit de larves âgées ou de nymphes.

La dissection des grains et graines (du pois chiche, du haricot, de blé dur), nous a permis d'observer les stades cachés et les résultats obtenus nous ont permis d'identifier quatre stades larvaires pour les espèces : *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica*.

Les travaux antérieurs montrent que le cycle de développement des Bruchidae comporte quatre stades larvaires, c'est l'exemple de la bruches du niébé *Callosobruchus maculatus* qui est une bruche polyvoltine (KELLOUCHE, 2005), la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* sur variétés d'haricot blanche (BOUCHIKHI, 2010), et la bruche de la fève *Bruchus rufimanus* qui est une bruche univoltine (MEDJDOUB et al., 2007).

Nos résultats montrent que le cycle de développement de *Callosobruchus maculatus* sur les graines de pois chiche dure 29 ± 2 jours dans les conditions du laboratoire (28°C de température et 75% d'humidité relative).

Selon KELLOUCHE (2005), la durée du cycle de développement de la bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* varie selon la variété des graines. Il est plus court en présence de l'hôte préféré *Vigna unguiculata*, sur les graines de pois chiche la durée du cycle de développement, de l'œuf à l'adulte, est environ 4 semaines. L'embryogénèse, les 3^{èmes} et 4^{èmes} stades larvaires et la nymphose durent de 5 à 7 jours alors que les premiers stades larvaires se déroulent en 2 jours. La durée de développement est également de un mois dans les conditions optimales, selon STEFFAN (1964).

OSUJI (1982) obtient des durées variant de 29,9 à 33,4 jours, pour quatre cultivars de *V. unguiculata* à 27°C.

TAHERI (1996) a obtenu des durées de développement de 24 à 28 jours selon le cultivar de pois chiche, les cycles les plus courts sont obtenus avec les cultivars les plus sensibles. D'après **HUIS & ROOLY (1998)**, la durée du cycle de développement varie de $25,4 \pm 0,6$ jours avec *V. unguiculata* à $28,5 \pm 0,6$ jours avec *C. arietinum* comme hôtes.

A partir des résultats obtenus, la durée du cycle de développement de la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* est en moyenne de 30 ± 1 jours dans les conditions de notre expérimentation (28°C de température et 75% d'humidité relative).

Les résultats obtenus dans l'étude du cycle de développement se rapprochent à ceux obtenus par plusieurs auteurs. D'après **KHELIL (1977)**, la durée du cycle de développement d'*Acanthoscelides obtectus* est de 28 à 30 jours, l'incubation est de 6 jours, la larve L1 et L4 vivent 4 jours, L2 et L3 durent 2 jours, la durée de la prénymphe est de 3 jours et elle est de 7 à 9 jours pour la nymphe.

BOUCHIKHI TANI (2006) a montré que le cycle de développement d'*Acanthoscelides obtectus* est de 30 à 31 jours et que la durée entre L1 et L2 est de 2 jours et entre L2 et l'émergence de 23 jours. De même, **KASSEMI (2006)** a noté que le cycle de développement est de 29 à 31 jours, l'incubation est de 6 jours, la durée du stade L1 est de 3 à 4 jours et la durée entre L2 et l'émergence est de 20 à 22 jours.

La température agit directement sur la durée de développement d'*Acanthoscelides obtectus*. Au dessous de 10°C, le développement est ralenti et les températures élevées supérieures à 30 °C inhibent totalement le développement (**CRUZ et al., 1988**).

Au laboratoire, la durée du cycle de développement varie suivant la teneur en eau des graines, l'humidité relative et la température. Les conditions optimales d'élevage se situent à 30°C de température et 70% d'humidité relative (**DE LOECKER, 1982**). Les températures extrêmes de développement sont estimées entre 17 à 20°C et 37.5°C (**HOWE & CURRIE, 1964**).

Nos résultats montrent que la durée du cycle de développement de *Sitophilus granarius* est de 45 jours ± 1 à 26°C et 70% d'humidité relative.

CAMARA (2009) a noté qu'à 30°C, la vie larvaire dure à peu près trois semaines et l'adulte émerge de la nymphe six jours après sa formation. C'est une espèce dont l'optimum thermique se situe entre 32 et 33°C, son développement cessant au dessous de 22°C et qui résiste très bien aux basses hygrométries.

Selon **BRICH (1953) et THOMSON (1966)**, *S. oryzae* a besoin de température relativement modérée. Le seuil de l'activité des adultes de cette espèce est de 10°C. L'espèce connaît un

optimum entre 26 et 30°C avec une teneur en eau des grains de l'ordre de 11 à 12%. Une baisse de l'humidité relative entraîne une diminution de la longévité des adultes.

Le seuil thermique pour l'obtention des accouplements est de 13°C, mais la ponte ne peut pas s'effectuer à cette température ainsi qu'au-delà de 32-35°C et à des teneurs en eau des grains inférieures à 10%. La durée de développement varie en fonction de la température et de la teneur en eau. Les recherches ont montré que les conditions optimales de développement pour *S. oryzae* sont 30°C et 70% d'humidité relative.

La température de 35°C est létale pour *Sitophilus oryzae*. Non seulement elle favorise l'apport de chaleur, mais encore, associée à une humidité relativement basse, elle induit aussi le dessèchement des grains qui deviennent alors très secs, donc durs et résistants à l'attaque de *Sitophilus sp.* Deux causes immédiates expliqueraient, dans ces conditions, l'absence de sorties à 35°C: la déshydratation et l'inanition des insectes. Cette observation est corroborée par les résultats de **SEGROVE (1951) & RUSSEL (1966), HOWE (1952), EVANS (1977) ; HARDMAN (1978) & LONGSTAFF (1981)** qui rapportent qu'une humidité relative inférieure à 70% et une haute température affectent l'oviposition de *Sitophilus*.

Selon **STEFFAN (1978)**, la durée moyenne du cycle complet de développement de *Sitophilus sp.* qui est de 220 jours à 16°C passe à 25 jours à 30°C.

Pour ce qui est de *Rhyzopertha dominica*, la durée du cycle de développement dure environ 40 jours dans notre condition d'expérimentation (28°C et 75% humidité relative).

D'après **KRANZ et al. (1977)**, *Rhyzopertha dominica* passe par 3 ou 4 stades avant de se nymphoser à l'intérieur de la graine, le cycle complet dure environ 30 jours à 30°C et près de 60 jours à 26°C. **SÁNCHEZ-MARIÑEZ et al. (1997)** ont constaté que *Rhyzopertha dominica* a besoin de 45 jours pour accomplir son cycle de vie à $28 \pm 2^\circ\text{C}$ et $65 \pm 5\%$ humidité relative. La durée moyenne d'incubation est de 15 jours à 26°C et 65% d'humidité relative (**POTTER, 1935**). **THOMSON (1966)** a constaté que l'incubation est de neuf jours à 21°C et 70% humidité relative. Après l'éclosion, les larves s'introduisent dans les grains en creusant des tunnels aux alentours du germe et continuent leur développement intérieurement. Dans certains cas les larves sont capables de se nourrir et de se développer librement entre les grains, le nombre de mue varie de 2 à 4 à une température de 29°C et de 70 à 80% humidité relative. **THOMSON (1966)** a estimé la durée de développement des différents stades larvaires à 17 jours et les stades prénymphe et nymphe à 7 jours à 29°C et 70% humidité relative, la durée de cycle est en moyenne de 38 jours. Par ailleurs, la durée de développement sur le blé à 14% de teneur en eau du grain et 30°C varie de 30 à 40 jours, et de 58 jours à 26°C (**POTTER, 1935**).

La température optimale pour le développement de *Rhyzopertha dominica* est 28°C, l'espèce est plus sensible au froid, une température de 21°C arrête sa multiplication et les adultes ne survivent pas à 3°C. L'adulte peut supporter des températures assez élevées, mais une exposition de trois minutes à 50°C suffit pour les tuer (**LEPESME, 1944**).

**Tribolium castaneum*, un déprédateur secondaire dans la succession des insectes ravageurs des denrées stockées.

À partir des résultats obtenus, la durée de cycle de développement de *Tribolium castaneum* est en moyenne de 28±2 jours dans les conditions de notre expérimentation.

Les œufs sont pondus en vrac sur les marchandises et ils sont difficiles à déceler. Les jeunes larves, passent par six stades larvaires selon les conditions de laboratoire choisies. La larve, circule librement dans la denrée infestée où elle nymphose. L'émergence de l'adulte a lieu six jours après la nymphose, à 28°C et 75% humidité relative.

D'après **MILLS (2012)**, le stade adulte est atteint 28 jours après la ponte dans les conditions optimales de température (31 °C) et humidité (15 %). Si l'humidité est à peine 8 %, le développement est plus lent. Par temps chaud, les adultes s'envolent ou peuvent être transportés par le vent dans des maisons ou d'autres bâtiments.

HINTON (1949) a observé de 5 à 8 stades larvaires dans les conditions optimales de développement, mais jusqu'à 13 lorsque les conditions sont défavorables. La limite inférieure pour le développement larvaire est voisine de 18°C, soit un peu plus d'un degré au dessus de *T.confusum*. Nous n'observons pas de développement à 10% d'humidité relative à 35°C ou 38°C, mais il est possible à 28 et 25°C pour des humidités relatives inférieures à 10%. La durée moyenne de développement de l'œuf à l'adulte sur millet est de 37 jours à 25°C, de 26 jours à 28°C, de 23 jours à 35°C (**HINTON, 1949 ; SINHA & WATTERS, 1985**).

Tribolium anaphe, à 30°C la durée de développement larvaire est environ 20 jours sur farine de blé complet : le développement nymphal environ de 5 jours (**HINTON, 1949 ; HASAN et al., 1989**).

2. Effet de la poudre des feuilles

2.1. Effet insecticide de la poudre des feuilles sur les insectes étudiés

a) Sur les adultes de *Callosobruchus maculatus*

La mortalité de *Callosobruchus maculatus* (témoin) est représentée dans le tableau 4.

Tableau 4 : Mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* (témoin)

Essais Durée d'exposition (jours)	Boite 1	Boite 2	Boite 3	Moyenne	Mortalité (%)
1	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0.33	3.33
3	1	1	1	1	10
4	2	2	2	2	20
5	2	2	3	2.33	23.33
6	3	3	3	3	30

a.1. *Pseudocytisus integrifolius*

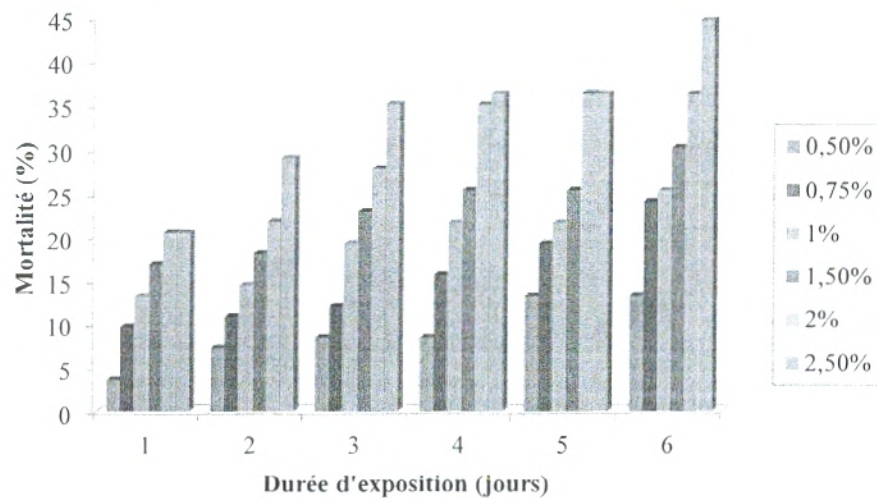


Figure 30: Evolution de la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius*.

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre, une différence significative entre les taux de mortalité selon les doses en poudre des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius*, avec $F= 88.90$ pour $P= 4.25 \times 10^{-15}$

Selon le facteur exposition une variation significative entre les taux de mortalité avec $F= 32.80$ pour $P=3.28 \times 10^{-10}$

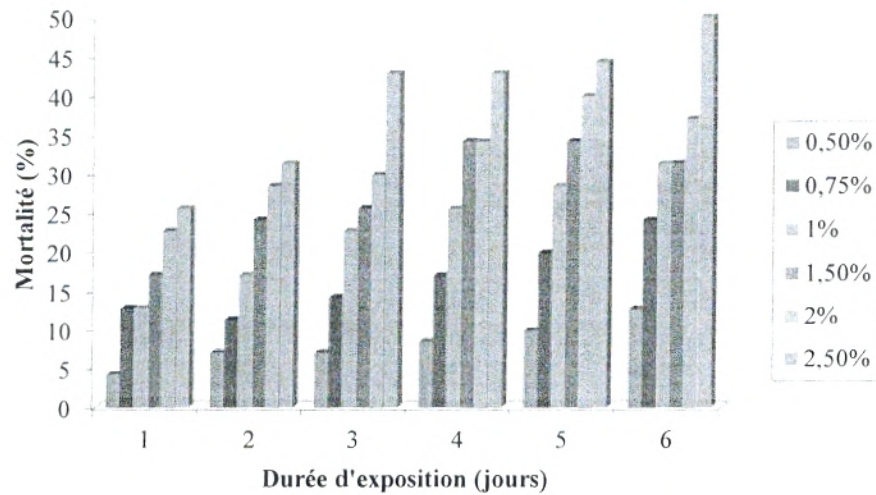
a.2. *Nepeta nepetella*

Figure 31 : Evolution de la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de *Nepeta nepetella*.

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une variation significative entre les taux de mortalité selon le facteur dose en poudre des feuilles de *Nepeta nepetella* avec $F= 86.44$ et $P= 5.92 \times 10^{-15}$

Selon le facteur durée d'exposition, montre une différence significative entre les taux de mortalité avec $F= 23.80$ et $P= 9.18 \times 10^{-9}$

b) Sur les adultes d'*Acanthoscelides obtectus*

La mortalité d'*Acanthoscelides obtectus* (témoin) est représentée dans le tableau 5.

Tableau 5 : Mortalité des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (témoin)

Essais Durée d'exposition (jours)	Boite 1	Boite 2	Boite 3	Moyenne	Mortalité (%)
1	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0.33	3.33
3	2	1	1	1.33	13.3
4	3	2	2	2.33	23.3
5	4	2	3	3	30
6	4	2	3	3	30

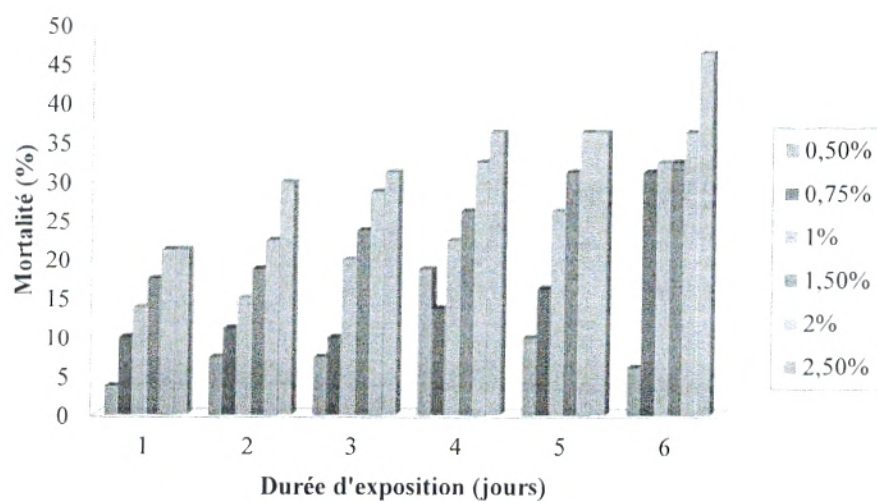
b.1. *Pseudocytisus integrifolius*

Figure 32 : Evolution de la mortalité des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius*

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence significative entre les taux de mortalité, selon le facteur dose en poudre des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius* avec $F= 32.11$ pour $P= 4.11 \times 10^{-10}$ et selon la durée d'exposition avec $F= 14.10$ pour $P= 1.33 \times 10^{-6}$

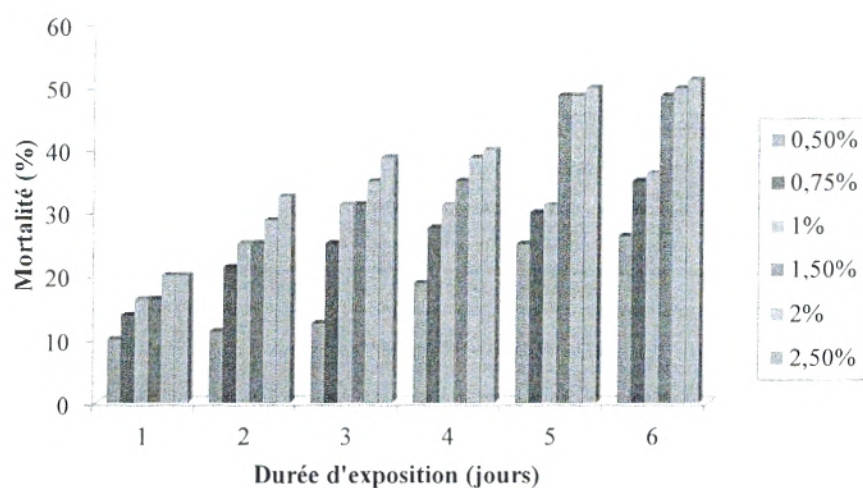
b.2. *Nepeta nepetella*

Figure 33 : Evolution de la mortalité des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de *Nepeta nepetella*

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre une différence significative, selon les doses en poudre des feuilles de *Nepeta nepetella*, une différence significative entre les taux de mortalité avec $F= 32.50$ pour $P= 3.62 \times 10^{-10}$

Selon la durée d'exposition une variation significative avec $F= 44.17$ pour $P= 1.28 \times 10^{-11}$

c) Sur les adultes de *Sitophilus granarius*

La mortalité de *Sitophilus granarius* (témoin) est représentée dans le tableau 6.

Tableau 6 : Mortalité des adultes de *Sitophilus granarius* (témoin)

Essais Durée d'exposition (jours)	Boîte 1	Boîte 2	Boîte 3	Moyenne	Mortalité (%)
1	0	0	0	0	0
2	0	1	1	0.66	6.66
3	1	2	1	1.33	13.33
4	2	3	2	2.33	23.3
5	3	4	3	3.33	33.3
6	3	4	3	3.33	33.3

c.1. *Pseudocytisus integrifolius*

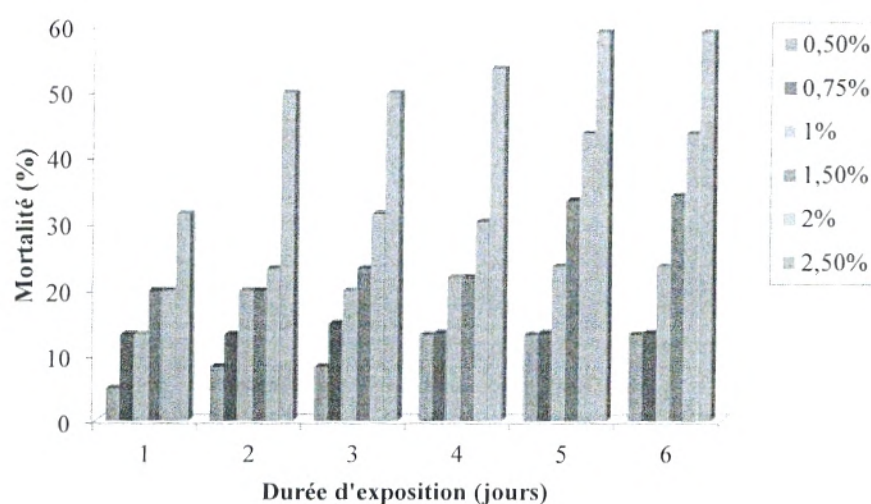


Figure 34: Evolution de la mortalité des adultes de *Sitophilus granarius* en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius*.

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence hautement significative entre les taux de mortalité, selon les doses en poudre des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius* avec $F= 62.58$ pour $P= 2.51 \times 10^{-13}$

Selon le facteur durée d'exposition, montre une différence entre les taux de mortalité avec $F=8.51$ pour $P=8.15 \times 10^{-5}$

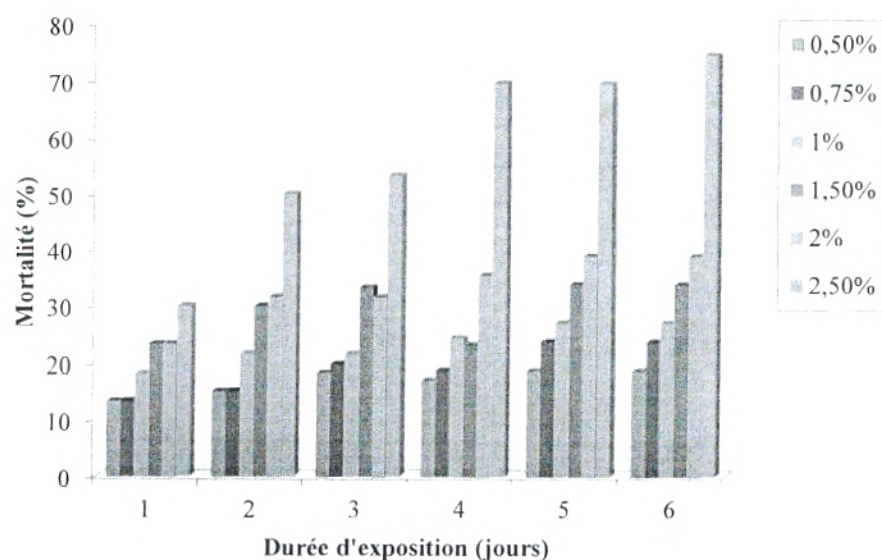
c.2. *Nepeta nepetella*

Figure 35 : Evolution de la mortalité des adultes de *Sitophilus granarius* en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de *Nepeta nepetella*

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre une différence significative entre les taux de mortalité, selon les doses en poudre des feuilles de *Nepeta nepetella*, avec $F=38.65$ pour $P=5.59 \times 10^{-11}$

Selon la durée d'exposition, une différence entre les taux de mortalité avec $F=5.87$ pour $P=0.001$.

d) Sur les adultes de *Rhyzopertha dominica*

La mortalité de *Rhyzopertha dominica* (témoin) est représentée dans le tableau 7.

Tableau 7 : Mortalité des adultes de *Rhyzopertha dominica* (témoin)

Essais Durée d'exposition (jours)	Boite 1	Boite 2	Boite 3	Moyenne	Mortalité (%)
1	0	0	0	0	0
2	0	1	1	0.66	6.66
3	1	1	2	1.33	13.33
4	2	2	3	2.33	23.3
5	3	2	3	2.66	26.6
6	3	3	3	3	30

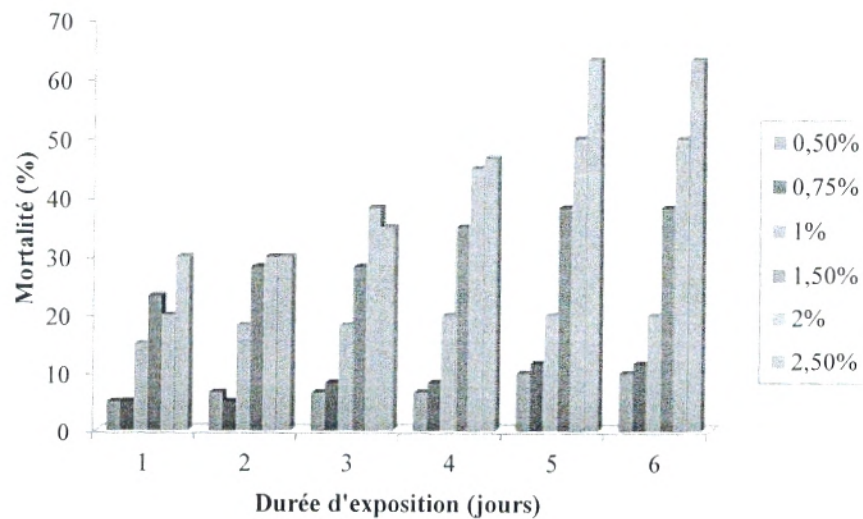
d.1. *Pseudocytisus integrifolius*

Figure 36 : Evolution de la mortalité des adultes de *Rhyzopertha dominica* en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius*

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre que, selon le facteur dose en poudre de *Pseudocytisus integrifolius* une différence significative entre les taux de mortalité des capucins du blé avec $F=40.90$ pour $P=3 \times 10^{-11}$

Selon le facteur durée d'exposition une différence entre les taux de mortalité avec $F=7.05$ pour $P= 0.00031$

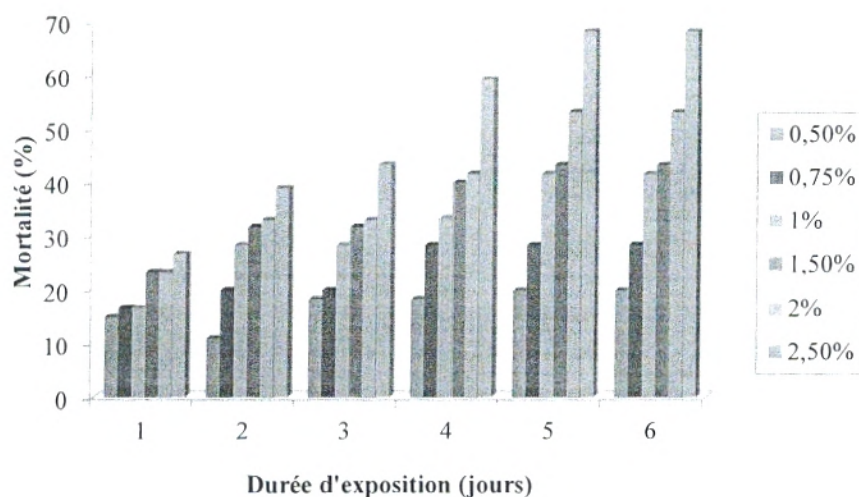
d.2. *Nepeta nepetella*

Figure 37: Evolution de la mortalité des adultes de *Rhyzopertha dominica* en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de *Nepeta nepetella*

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence significative entre les taux de mortalité, selon le facteur dose en poudre des feuilles de *Nepeta nepetella*, avec $F=29.03$ pour $P= 1.19 \times 10^{-9}$

Selon la durée d'exposition, une variation entre les taux de mortalité avec $F=16.59$ pour $P=3.05 \times 10^{-7}$

e) Sur les adultes de *Tribolium castaneum*

La mortalité de *Tribolium castaneum* (témoin) est représentée dans le tableau 8.

Tableau 8 : Mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* (témoin)

Essais Durée d'exposition (jours)	Boite 1	Boite 2	Boite 3	Moyenne	Mortalité (%)
1	0	0	0	0	0
2	0	1	0	0.33	3.3
3	1	1	1	1	10
4	2	1	2	1.66	16.6
5	2	2	2	2	20
6	2	2	2	2	20

e.1. *Pseudocytisus integrifolius*

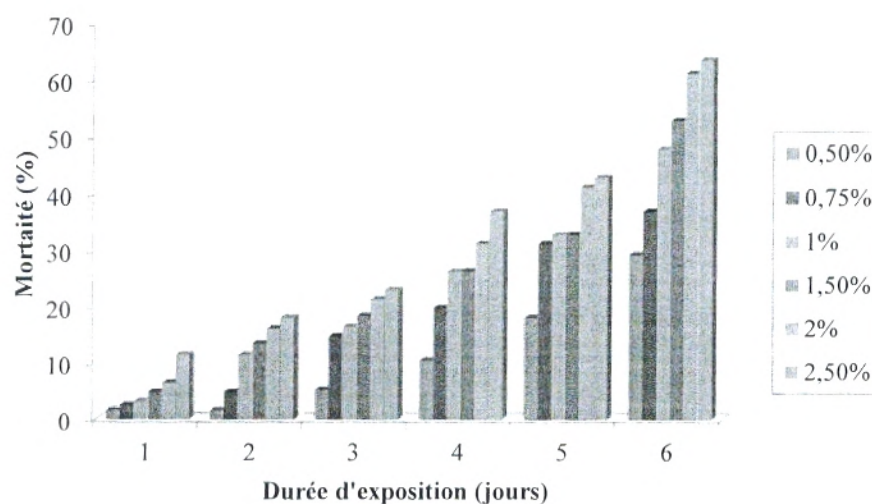


Figure 38: Evolution de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius*

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence hautement significative entre les taux de mortalité, selon les doses en poudre des feuilles de

Pseudocytisus integrifolius, avec $F= 24.85$ pour $P=5.92 \times 10^{-9}$ et selon le facteur durée d'exposition, une différence hautement significative avec $F= 104.22$ pour $P=6.51 \times 10^{-16}$

e.2. *Nepeta nepetella*

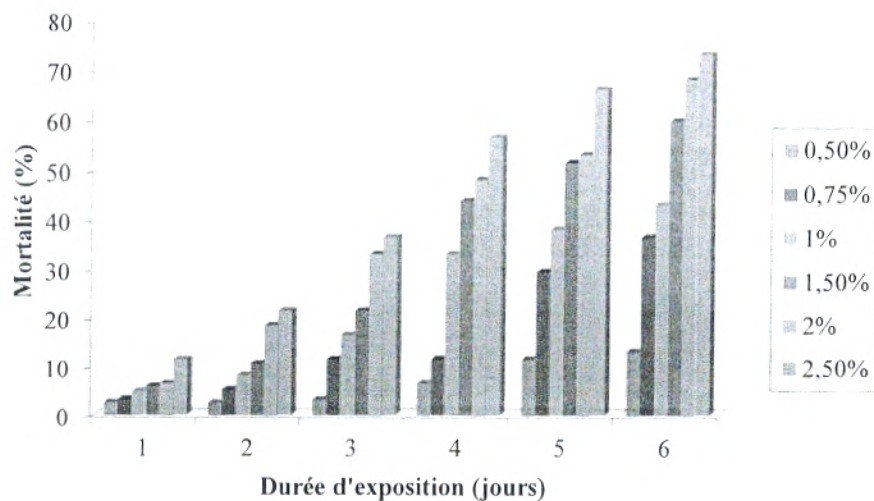


Figure 39 : Evolution de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de *Nepeta nepetella*

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une variation significative entre les taux de mortalité, selon les doses en poudre des feuilles de *Nepeta nepetella*, avec $F=17.009$ pour $P=2.42 \times 10^{-7}$

Selon la durée d'exposition, une différence significative avec $F=4.25$ pour $P=4.25 \times 10^{-9}$

f) Sur les larves de *Tribolium castaneum*

La mortalité des larves de *Tribolium castaneum* (témoin) est représentée dans le tableau 9.

Tableau 9 : Mortalité des larves de *Tribolium castaneum* (témoin)

Essais Durée d'exposition (jours)	Boîte 1	Boîte 2	Boîte 3	Moyenne	Mortalité (%)
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	1	0	1	0.66	6.6
4	2	1	1	1.33	13.3
5	2	2	1	1.66	16.6
6	2	2	2	2	20

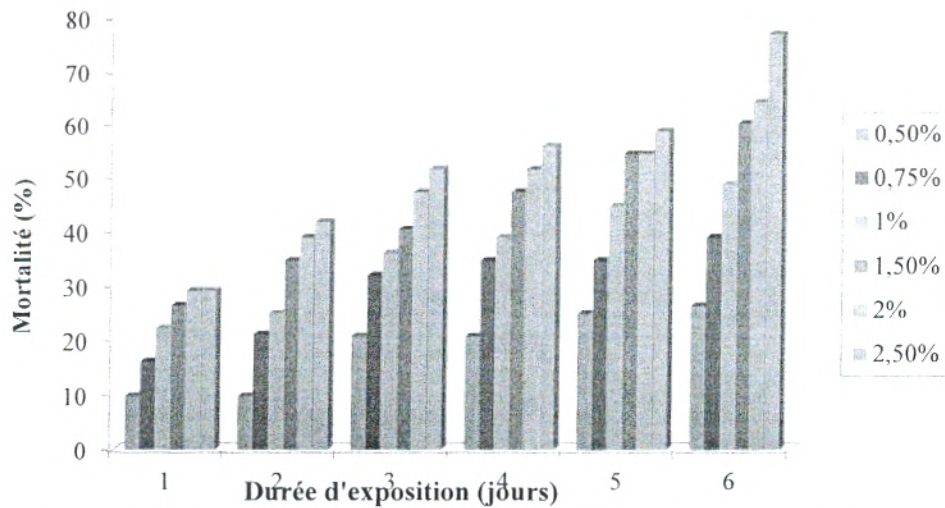
f.1. *Pseudocytisus integrifolius*

Figure 40 : Evolution de la mortalité des larves de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius*.

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence significative entre les taux de mortalité, selon le facteur dose en poudre des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius* avec $F=66.59$ pour $P=1.23 \times 10^{-13}$

Selon la durée d'exposition, montre une variation hautement significative entre les taux de mortalité avec $F=52.94$ pour $P=1.69 \times 10^{-12}$

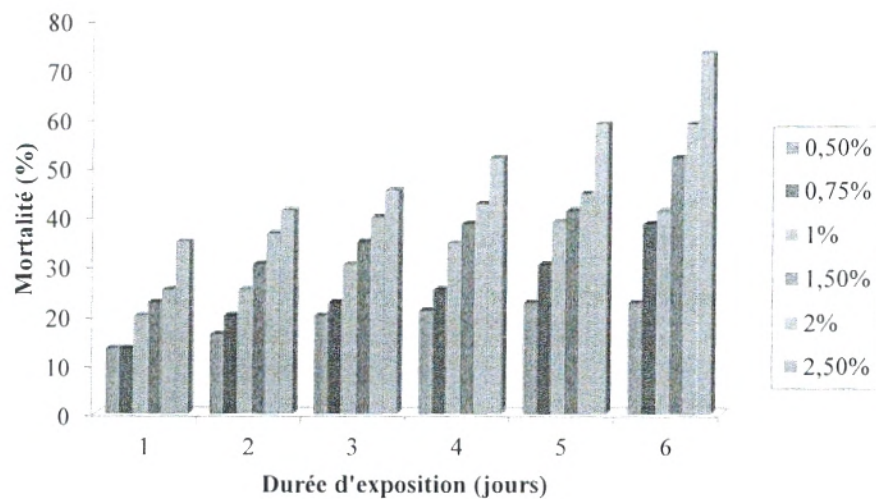
f.2. *Nepeta nepetella*

Figure 41 : Evolution de la mortalité des larves de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses en poudre des feuilles de *Nepeta nepetella*.

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence significative entre les taux de mortalité, selon le facteur dose en poudre des feuilles de *Nepeta nepetella*, avec $F=54.49$ pour $P=1.22 \times 10^{-12}$

Selon la durée d'exposition, montre une variation entre les taux de mortalité avec $F=34.68$ pour $P=1.80 \times 10^{-10}$

2.2. Comparaison de la toxicité des poudres des feuilles sur les insectes étudiés

La transformation des pourcentage de mortalité des insecte étudiés après deux jours d'exposition en probit, et la régression de ces données en fonction du logarithme de la dose en poudre des feuilles a permis d'obtenir les équations et les DL_{50} suivants :

a) *Pseudocytisus integrifolius*

Callosobruchus maculatus, $Y=3.903+1.259X$ ($R^2=98.6\%$), $DL_{50} = 7.44\%$ poids de poudre par poids de graines

Acanthoscelides obtectus, $Y=3.904+1.329X$ ($R^2=97.2\%$), $DL_{50} = 6.61\%$ poids de poudre par poids de graines

Sitophilus granarius, $Y=4.054+1.625X$ ($R^2=80.6\%$), $DL_{50} = 3.82\%$ poids de poudre par poids de graines

Rhyzopertha dominica, $Y=3.929+1.744X$ ($R^2=82.6\%$), $DL_{50} = 4.12\%$ poids de poudre par poids de graines

Tribolium castaneum (adultes), $Y=3.487+1.901X$ ($R^2=6.24\%$), $DL_{50} = 6.24\%$ poids de poudre par poids de semoule

Tribolium castaneum (larves), $Y=4.269+1.578X$ ($R^2=94.8\%$), $DL_{50} = 2.91\%$ poids de poudre par poids de semoule

b) *Nepeta nepetella*

Callosobruchus maculatus, $Y=3.992+1.453X$ ($R^2=97.4\%$), $DL_{50} = 4.9469\%$ poids de poudre par poids de graines

Acanthoscelides obtectus, $Y=4.197+0.9520X$ ($R^2=85.5\%$), $DL_{50} = 6.92\%$ poids de poudre par poids de graines

Sitophilus granarius, $Y=4.245+1.414X$ ($R^2=86.6\%$), $DL_{50} = 3.42\%$ poids de poudre par poids de graines

Rhyzopertha dominica, $Y=4.268+1.254X$ ($R^2=91.4\%$), $DL_{50} = 3.83\%$ poids de poudre par poids de graines

Tribolium castaneum (adultes), $Y=3.537+1.817X$ ($R^2=98.8\%$), $DL_{50} = 6.39\%$ poids de poudre par poids de semoule

Tribolium castaneum (larves), $Y=4.318+1.097X$ ($R^2=99.4\%$), $DL_{50}=4.26\%$ poids de poudre par poids de semoule

Tableau 10 : Comparaison entre l'effet de poudre des feuilles des deux plantes

Poudre des plantes Espèces testées	<i>Pseudocytisus integrifolius</i>	<i>Nepeta nepetella</i>
<i>Callosobruchus maculatus</i>	$DL_{50}=7.44\%$ soit (2.23g en poudre)	$DL_{50}=4.94\%$ soit (1.42g en poudre)
<i>Acanthoscelides obtectus</i>	$DL_{50}=6.67\%$ soit (2g en poudre)	$DL_{50}=6.92\%$ soit (2.07g en poudre)
<i>Sitophilus granarius</i>	$DL_{50}=3.82\%$ soit (1.14g en poudre)	$DL_{50}=3.42\%$ soit (1.02g en poudre)
<i>Rhyzopertha dominica</i>	$DL_{50}=4.12\%$ soit (1.23g en poudre)	$DL_{50}=3.83\%$ soit (1.14g en poudre)
<i>Tribolium castaneum</i> (adultes)	$DL_{50}=6.24\%$ soit (1.87g en poudre)	$DL_{50}=6.39\%$ soit (1.91g en poudre)
<i>Tribolium castaneum</i> (larves)	$DL_{50}=2.91\%$ soit (0.8g en poudre)	$DL_{50}=4.26\%$ soit (1.27g en poudre)

Nous pouvons déduire que les poudres des plantes étudiées sont douées de propriétés insecticides significatives. Cependant cette toxicité est très variable selon l'espèce végétale, la quantité utilisée, la durée de traitement et le ravageur en question.

On constate que la poudre des feuilles de *Nepeta nepetella* est la plus efficace avec une mortalité maximale de 77.57% contre *Sitophilus granarius* et 73.3% contre les larves et les adultes de *Tribolium castaneum*. Ensuite 68.3% contre *Rhyzopertha dominica*, 51.25% contre *Acanthoscelides obtectus* et 50% contre *Callosobruchus maculatus* pour la même quantité testée.

Pseudocytisus integrifolius possède également un effet toxique très important contre les différents ravageurs en présentant un taux de mortalité de 77% contre les larves de *Tribolium castaneum*. Le taux diminue chez les adultes à 60% pour une dose de 2.5% puis une mortalité de 63.3% contre *Rhyzopertha dominica*, 59.32% contre *Sitophilus granarius*, 46.25% contre *Acanthoscelides obtectus* et 45% contre *Callosobruchus maculatus* pour la même quantité testée.

Nous avons constaté qu'avec les plantes étudiées, le taux de mortalité des deux ravageurs augmente en fonction de temps. En effet le maximum est observé 144 heures après le traitement et ceci pour les différentes quantités.

Chez *Acanthoscelides obtectus*, les poudres des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* représentent une toxicité peu variable avec DL_{50} de 6.67% et 6.92% poids de poudre par poids de graines respectivement.

Chez *Callosobruchus maculatus*, la toxicité la plus faible est représentée par *Pseudocytisus integrifolius* avec DL₅₀ de 7.44% poids de poudre par poids de graines.

Pseudocytisus integrifolius est la plante la plus toxique sur les larves de *Tribolium castaneum* avec DL₅₀ de 2.91%, alors que chez les adultes, les deux plantes étudiées représentent une faible toxicité avec DL₅₀ de 6.24% et 6.39% poids de poudre par poids de grains respectivement.

Chez les ravageurs des grains de blé dur, *Sitophilus granarius* et *Rhyzopertha dominica* la poudres des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius* représentent une toxicité forte avec DL₅₀ de 3.83% et 4.12% poids de poudre par poids de graines respectivement.

De même les poudres des feuilles de *Nepeta nepetella* représentent une toxicité importante sur *Sitophilus granarius* et *Rhyzopertha dominica* et avec DL₅₀ de 3.42% et 3.83% poids de poudre par poids de graines respectivement.

Discussion

Dans les traitements effectués avec les poudres des deux plantes, nous notons un effet insecticide sur les adultes des bruches (*Callosobruchus maculatus* et *Acanthoscelides obtectus*), des ravageurs du blé (*Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum*) et les larves de *Tribolium castaneum*. En effet, l'efficacité de la poudre des feuilles d'une telle plante aromatique varie selon l'insecte traité et ainsi selon le stade traité (adulte ou larve). Pour chaque plante testée, les résultats des tests statistiques montrent qu'il existe une variation concernant le taux de mortalité des insectes qui dépend de la dose utilisée en poudre des feuilles et de la durée d'exposition.

Selon **JACOBSON (1989)**, les espèces les plus utilisées traditionnellement contre les bruches et autres coléoptères des denrées stockées appartiennent aux familles des Annonaceae, Asteraceae, Canellaceae, Rutaceae, Meliaceae et Limaceae. Toutefois, il convient d'adjoindre à cette liste la famille des *Capparaceae* à laquelle appartient *Bocia senegalensis* qui semble également prometteuse (**SECK, 1993 ; 1994**).

Il est intéressant de mentionner les travaux de **SECK et al. (1993)** qui ont obtenu en application directe de fruits et de feuilles de *B. senegalensis* à des doses de 2 à 4 % (P/P) 80 à 100 % de mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* et réduit significativement à la fois l'émergence et les dégâts.

TAPONDJOU et al. (2002) ont constaté qu'une dose de 0.4% (poids de poudre par poids des graines) en poudre des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* entraîne une mortalité de 60% des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* après deux jours d'exposition, tandis que la poudre de la même plante à la dose de 6.4% (poids de poudre par poids des graines) entraîne une

mortalité totale des adultes du charançon du maïs *Sitophilus zeamais* (Coleoptera : Curculionidae), avec la même durée de traitement.

RAJAPAKSE et al. (1998) ont testé les poudres de 5 espèces végétales à savoir le poivrier (*Piper nigrum* L), l'Annona (*Annona reticulata* L), le Neem (*Azadirachta indica* A.jus), le chilli (*Capsicum annum* L) et le citronnier (Citrus limon L) sur l'oviposition, l'émergence, et la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus*. Concernant la poudre d'*A.indica*, elle a entraîné une réduction de l'émergence des adultes de *Callosobruchus maculatus* de 30.2% avec 0.2g après 30 jours de traitement.

BOUCHIKHI TANI (2010) a montré que la longévité des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* est inversement proportionnelle à la dose des poudres testées. En outre chez la bruche du haricot, les poudres des feuilles les plus efficaces sont d'*Artemisia herba-alba* (Asteracées), *Rosmarinus officinalis* (Lamiacées) et *Origanum glandulosum* (Lamiacées).

Les travaux de **KELLOUCHE (2005)**, sur la bruche du niébé montrent que les poudres végétale de Figuier, d'Eucalyptus, d'Olivier et du Citronnier réduisent significativement la longévité des adultes de *Callosobruchus maculatus* à des fortes doses, estimées à 4 et 5%.

De même, une réduction de 39% a été obtenue avec la poudre d'*A.reticulata*, à la dose de 0.2g après 48 heures de traitement. Concernant la poudre d'*A.indica*, elle a entraîné une réduction de l'émergence des adultes de *Callosobruchus maculatus* de 20.3% avec 0.2 g après 30 jours de traitement.

Les travaux de **DELOBEL & MALONGA (1987)**, ont montré que les poudres de feuilles sèches de *Chenopodium ambrosioides* (Chénopodiacées), mélangées aux grains d'arachide et du haricot en stockage protégeaient des attaques d'insectes comme *Rhyzopertha dominica* Fabricius (Coleoptera : Bostrichidae), *Caryedon serratus* Olivier (Coleoptera : Bruchidae) et *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera : Bruchidae).

TAPONDJOU et al. (2003), a montré que la poudre des feuilles de *C.ambrosioides* est très efficace contre la bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* avec une DL₅₀ après deux jours d'exposition de 0.28%, soit 2.8g/kg de graines.

ARAYA & EMANA (2009), ont testé la toxicité des poudres des feuilles de *Jatropha curcas* (Euphorbiacées), *Datura stramonium* (Solanacées), *Chenopodium ambrosioides* (Chénopodiacées), *Phytolacca dodeandra* (phytolaccacées), *Azadirachta indica* (Meliacées) et *Parthenium hysterophorus* (Asteracées), sur la bruche tropicale du pois *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera : Bruchidae) les résultats montrent que la dose 5g/ 150g des graines en poudres de feuilles de *C.ambrosioides* provoque la mortalité de 100% d'adultes de *Z.subfasciatus* après 24 heures d'exposition.

Les poudres des feuilles de *J.curcas*, *D.stramonium* et *P.dodecondra* provoquent la mortalité de 90% avec la dose de 15g/150g des graines après 96 heures d'exposition. *A.indica* et *P.hysterophorus* sont les moins toxiques, provoquant une mortalité semblable a celle du témoin quelque soit la dose utilisée.

2.2. Effet de la poudre des feuilles sur la fécondité des insectes étudiés

a) Sur *Callosobruchus maculatus*

L'œuf est ovulaire, blanc translucide et mesure environ 1 mm de long. Lorsque la femelle le dépose sur la surface du pois chiche, il s'applatit légèrement sur ce substratum auquel il adhère grâce a un liquide expulsé par la femelle en même temps que l'œuf. L'œuf est déposé de préférence sur la face cachée du pois chiche ou sur les parois internes des boîtes de Pétri.

La fécondité de *Callosobruchus maculatus* (témoin) est représentée dans le tableau suivant

Tableau11 : Fécondité des femelles de *Callosobruchus maculatus* (témoin)

Essais Paramètres testés	Boite 1	Boite 2	Boite 3	Moyenne	Ecart-type
Ponte (œufs)	156	140	149	148.33	8.02
Fécondité (œufs/femelle)	31.2	28	29.8	29.66	1.60

La fécondité moyenne des femelles de *Callosobruchus maculatus* au témoin (avec acétone uniquement) à une température de 26°C et humidité relative de 70% est en moyenne de 29.66 ± 1.60 /femelle sur les graines du pois chiche.

Dans les mêmes conditions d'élevage, la fécondité a nettement diminué, en utilisant la poudre des feuilles des plantes testées (Fig 41).

La poudre des feuilles des deux plantes *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* provoquent une réduction significative. En utilisant la dose la plus élevée en poudre des feuilles (soit 2,5%) la fécondité enregistrée des femelles est de $10 \pm 0,6$ et $6 \pm 0,3$ respectivement.

En effet, *Nepeta nepetella* est plus active sur la fécondité de *Callosobruchus maculatus* par rapport à *Pseudocytisus integrifolius*.

Selon le facteur dose en poudre des feuilles, l'étude statistique confirme une variation hautement significative entres les moyennes de fécondité avec $F=41.60$ pour $P= 0.00012$

Selon le facteur plante il existe une différence significative avec $F= 27.50$ pour $P= 0.00931$

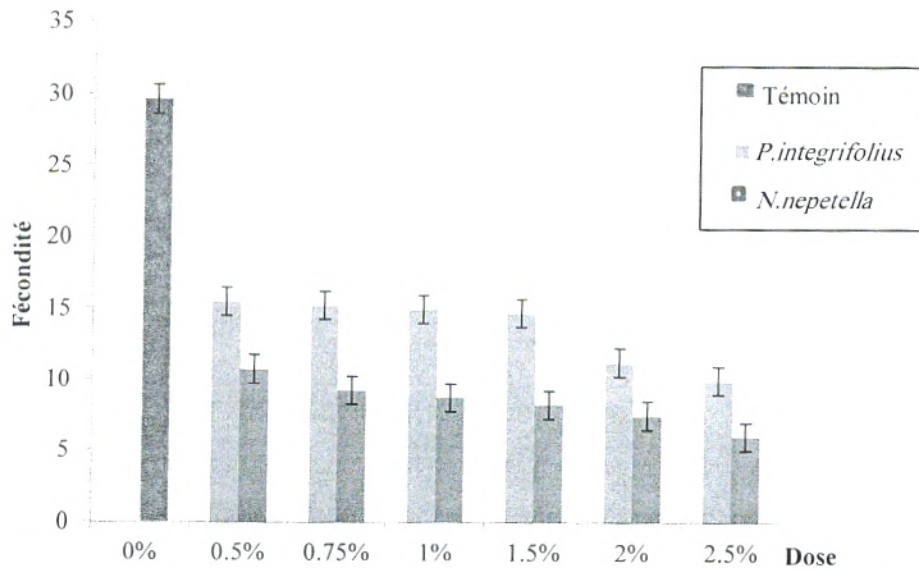


Figure 42: la fécondité de *Callosobruchus maculatus* en présence de la poudre des feuilles des plantes étudiées

b) Sur *Acanthoscelides obtectus*

Les œufs de la bruche du Haricot mesurent 0.75 mm de long, étroits, lisses et de couleur blanche. Les femelles déposent généralement leurs œufs directement sur les graines et parfois sur les parois des boîtes de Pétri.

La fécondité d'*Acanthoscelides obtectus* (témoin) est représentée dans le tableau suivant

Tableau 12 : Fécondité des femelles d'*Acanthoscelides obtectus* (témoin)

Essais Paramètres testés	Boite 1	Boite 2	Boite 3	Moyenne	Ecart-type
Ponte (œufs)	112	114	109	111.66	2.51
Fécondité (œufs/femelle)	22.4	22.8	21.8	22.33	0.5

Les résultats obtenus dans nos essais montrent que la fécondité dans les lots témoins est en moyenne de 22.33 ± 0.5 /femelle. Elle diminue ensuite au fur et à mesure que l'on augmente la dose des poudre des feuilles des deux plantes utilisées.

A la dose de 2.5% le taux moyen d'œufs pondus diminue à 10 ± 0.4 et 6 ± 0.3 respectivement pour les poudres du *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella*.

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente une différence significative pour les facteurs plantes $F=27.39$ et $P=0.0019$.

Selon le facteur dose en poudre des feuilles, une différence très significative avec $F= 34.75$ et $P=0.0002$.

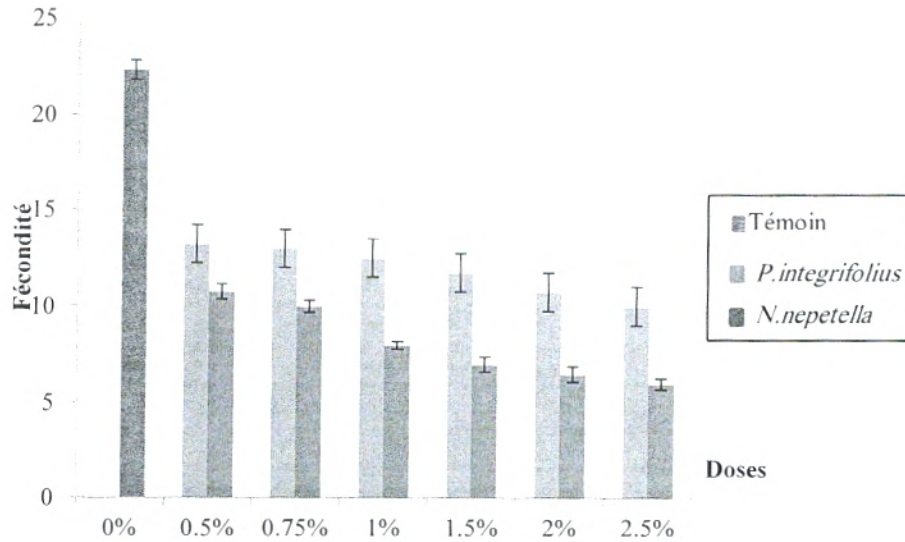


Figure 43: la fécondité d'*Acanthoscelides obtectus* en présence de la poudre des feuilles des plantes étudiées

c) sur *Sitophilus granarius*

Les œufs déposés par les femelles de *Sitophilus granarius* ont été mis en évidence par une immersion des grains dans une solution d'acide fuschinique à 0,5 g/L.

Le dénombrement des œufs déposés sur chaque grain a été effectué par observation directe au microscope stéréoscopique. Des observations préliminaires sont montrées que chaque bouchon couvrait un seul œuf.

La fécondité de *Sitophilus granarius* (témoin) est représentée dans le tableau suivant

Tableau 13: Fécondité des femelles de *Sitophilus granarius* (témoin)

Essais Paramètres testés	Boite 1	Boite 2	Boite 3	Moyenne	Ecart-type
Ponte (œufs)	40	59	42	48.66	9.60
Fécondité (œufs/femelle)	8	11.8	8.4	9.4	2.08

Les résultats obtenus montrent que la fécondité du charançon du blé diminue parallèlement avec l'augmentation des doses de poudres utilisées.

La fécondité moyenne des insectes dans les témoins est de $9,4 \pm 2,08$, elle diminue ensuite pour atteindre une moyenne de $5,33 \pm 1,13$ et $4 \pm 1,1$ à la dose 2% pour les poudres des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* respectivement.

Il est ainsi constaté que la poudre des feuilles de *Nepeta nepetella* a le plus grand effet sur la moyenne de fécondité de *Sitophilus granarius*

Selon le facteur dose en poudre des feuilles, l'analyse de variance à deux critères de classification confirme une variance très significative entre les moyennes de la fécondité avec $F=31.28$ $P=0.0002$

Selon le facteur plante, une différence significative avec $F=12.20$ et $P=0.012$

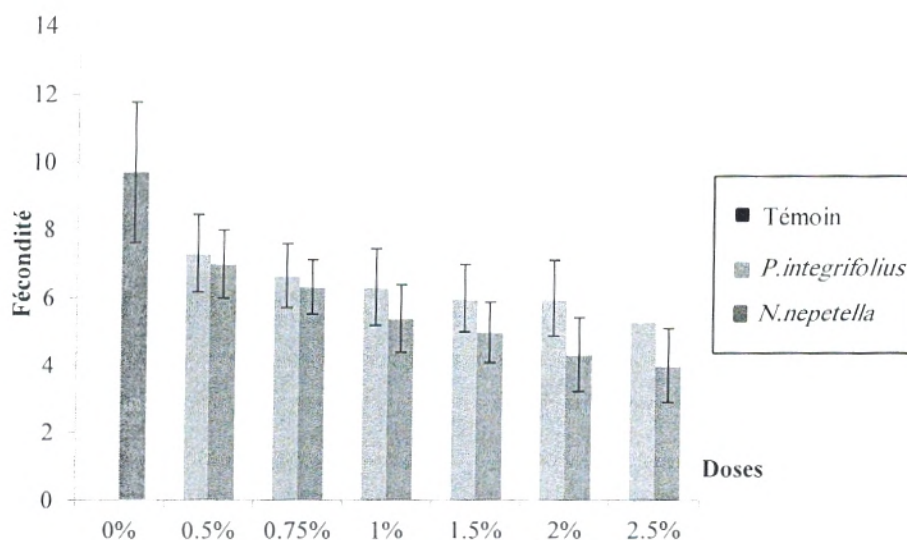


Figure 44 : La fécondité de *Sitophilus granarius* en présence de la poudre des feuilles des plantes étudiées

d) Sur *Rhyzopertha dominica*

Les œufs sont piriformes, de couleur blanc et rose. Ils peuvent atteindre 0.6 mm de longueur sur 0.2 mm de largeur.

La fécondité de *Rhyzopertha dominica* (témoin) est représentée dans le tableau 14

Tableau 14 : Fécondité des femelles de *Rhyzopertha dominica* (témoin)

Essais	Boite 1	Boite 2	Boite 3	Moyenne	Ecart-type
Paramètres testés					
Ponte (œufs)	86	100	94	94	7.12
Fécondité (œufs/femelle)	17.2	20	18.8	18.66	1.40

D'après les résultats obtenus, la fécondité dans les lots témoins est en moyenne de 18.66 ± 1.40 œufs/femelle, elle diminue de façon notable et progressive avec l'augmentation de la dose des poudres des feuilles des deux plantes (Fig 45). Les poudres des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* réduisent respectivement le nombre moyen d'œufs à moins de 12.42 ± 2.1 et 7.68 ± 1.9 à partir de la dose de 0.5%.

Selon le facteur dose en poudre des feuilles, l'étude statistique montre une variation significative entre les moyennes de fécondité avec $F= 31.69$ et $P=0.0002$

Selon le facteur plante il existe une différence significative avec $F= 11.50$ et $P=0.0146$

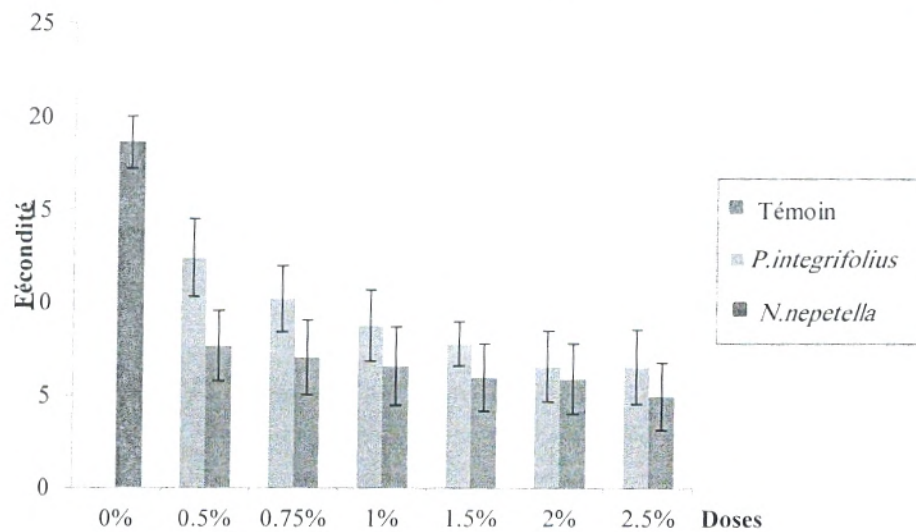


Figure 45 : la fécondité de *Rhyzopertha dominica* en présence de la poudre des feuilles des plantes étudiées

e) Sur *Tribolium castaneum*

L'œuf est oblong et blanchâtre, presque transparent surface lisse recouverte d'une substance visqueuse qui lui permet d'adhérer à la denrée infestée il mesure en moyenne $0,6 \times 0,3$ mm (Fig 46).

La fécondité de *Tribolium castaneum* (témoin) est représentée dans le tableau 15

Tableau 15 : Fécondité des femelles de *Tribolium castaneum* (témoin)

Essais Paramètres testés	Boite 1	Boite 2	Boite 3	Moyenne	Ecart-type
Ponte (œufs)	242	230	260	244	15.09
Fécondité (œufs/femelle)	48.4	46	52	48.8	3.01

Le traitement utilisant la poudre des feuilles des deux plantes s'est révélé être très actif sur la fécondité de *Tribolium*.

Les résultats présentés dans la figure 45 et le tableau 15 montrent que la moyenne de fécondité est réduite dès la plus faible dose : elle est de $48,8 \pm 3,01$ dans les échantillons témoins et passe ensuite à une moyenne de $39 \pm 3,01$ et $26,66 \pm 3,1$ pour la poudre de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* respectivement à la plus faible dose. La

poudre des feuilles des deux plantes affectent la fécondité de *Tribolium castaneum*, notamment avec les feuilles de *Nepeta nepetella* qui la réduit à $13 \pm 2,9$ à la dose de 2,5%.

L'analyse de la variance à deux critères de classification marque une différence significative pour le facteur poudre des feuilles avec $F= 15,45$ et $P=0,007$ et une différence significative pour le facteur dose avec $F= 28,97$ et $P=0,0003$

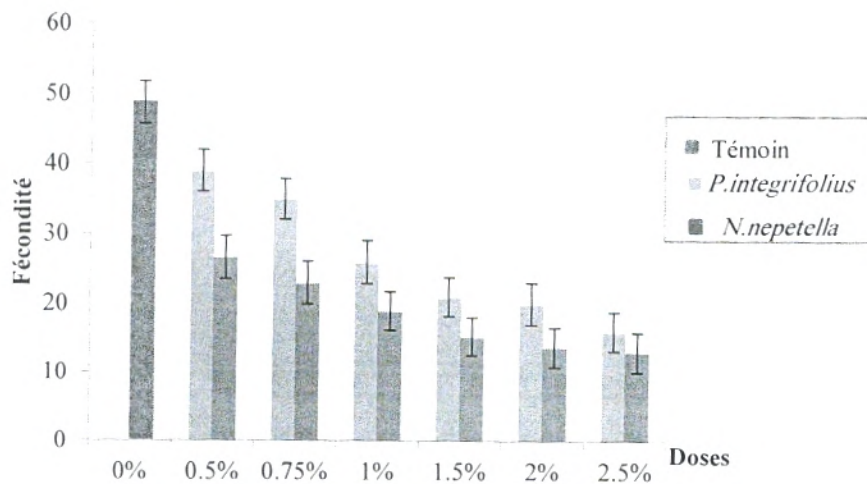


Figure 46 : la fécondité de *Tribolium castaneum* en présence de la poudre des feuilles des plantes étudiées

Discussion

Cette étude permet de constater que les substances des feuilles des deux plantes testées induisent une diminution de la fécondité pour l'ensemble des insectes étudiées, nettement plus importante que celle observée au niveau des témoins.

Nous pouvons dire que ces substances ont une influence sur la physiologie de la ponte, ou encore la reproduction de l'insecte est affectée par la présence des substances des feuilles donc la physiologie des deux appareils génitaux mâles et femelles est perturbée. Ces poudres influent directement sur la fécondité des cinq insectes étudiés (*Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum*) à différentes doses utilisées.

L'analyse de la variance à deux critères de classification a montré que la fécondité de l'ensemble des insectes varie selon la plante testée et la dose utilisée en poudre des feuilles.

Il est ainsi constaté que la poudre des feuilles de *Nepeta nepetella* a le plus grand effet sur le nombre des œufs pondus par les femelles des insectes étudiés

Nos résultats concordent avec les travaux d'autres chercheurs qui ont mis en évidence l'effet insecticides de certains extraits de plantes sous forme de poudres vis-à-vis des ravageurs des graines stockées.

KELLOUCKHE (2005) montre que les poudres des feuilles d'*E.glabulus*, *C.lemon*, *F.carica* et *O.europaea* ont un effet limité sur le nombre d'œufs pondus, les œufs sont complètement inhibées avec la poudre de giroflier et l'eugénol.

Selon **HO et al. (1996)**, les œufs, les larves et les adultes des coléoptères des stocks *Tribolium castaneum* et *Sitophilus zeamais* présentent une mortalité qui dépend de la concentration de l'extrait d'ail utilisé.

OFUYA (1990) a observé une inhibition des pontes ou une action ovicide chez la bruche du niébé avec les poudres de feuilles de *Nicotiana tabacum* (Solanaceae), d' *Erythrophleum suaveolus* (Caesalpiniaceae) et d' *O.gratissimum*.

Les travaux de **REGNAULT-ROGER & HAMRAOUI (1993)**, ont montré que les plantes de la famille des Labiées (Lamiacées) telles que *Mentha piperata*, *Origanum serpyllum*, *Satureia hortensis*, *Rosmarinus officinalis*, *Thymus vulgaris* et *Thymus serpyllum* entraînent une diminution significative d'oviposition des femelles d'*Acanthoscelides obtectus*.

KELLOUCHE (2005) a testé la fécondité des femelles de la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus* avec les poudres des feuilles du figuier *Ficus carica* (Moracées), d'eucalyptus *Eucalyptus globulus* (Myrtacées), d'olivier *Olea europaea* (Oleacées) et du *Citrus limon* (Rutacées), les résultats ont montré que l'effet de ces poudres affecte légèrement la fécondité des femelles. Cependant celle-ci est complètement inhibée avec la poudre de giroflier *Syzygium aromaticum* (Myrtacées) aux plus faibles doses.

D'après **DELOBEL & MALONGA (1987)** et **MALIK et al. (1984)**, les poudres de feuilles sèches de *C. ambrosioides* mélangées aux grains d'arachide et de haricot en stockage protégeraient ces denrées contres les attaques d'insectes tels que *Rhyzopertha dominica*, *Caryedo serratus* et *Acanthoscelides obtectus*.

Selon **KELLOUCHE & SOLTANI (2004)**, la réduction de la fécondité n'est pas seulement liée à la diminution de la période de ponte ou de survie des femelles adultes, mais elle peut être également le résultat d'une perturbation du processus de vitellogenèse.

D'après **RAJAPAKSE et al. (1998)**, lorsque les graines de niébé sont traitées avec la poudre d'*A.indica* un effet très significatif a été observé sur l'oviposition de *Callosobruchus maculatus* avec la réduction de ponte de l'ordre de 37%. De même, une réduction de ponte de 39% a été obtenue avec la poudre d'*A.reticulata*, à la dose de 0.2 g après 48h de traitement.

2.3. Effet de la poudre des feuilles sur l'émergence des adultes

a) Sur *Callosobruchus maculatus*

Les résultats de la figure 47 montrent que la moyenne des individus émergés dans les lots non traités est de $113,66 \pm 3,21$, elle diminue ensuite pour les plus faibles doses utilisées des poudres des feuilles des plantes étudiées, soit une moyenne de $70,33 \pm 4,16$ individus pour *Pseudocytisus integrifolius* et $49,66 \pm 4,50$ individus émergés pour *Nepeta nepetella*.

En effet *Nepeta nepetella* est la plus active sur l'émergence avec une réduction de 50% des adultes émergés de *Callosobruchus maculatus* dès la plus faible dose.

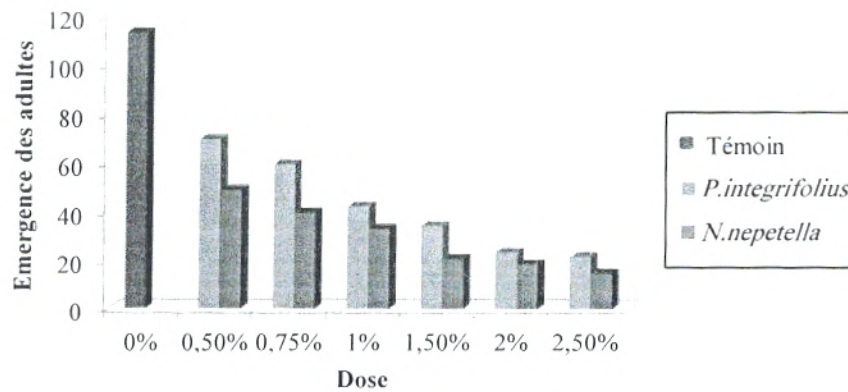


Figure 47 : Nombre moyen d'émergence des adultes de *Callosobruchus maculatus* selon les différentes doses et le type de poudre utilisé

Selon le facteur dose en poudre des feuilles, l'étude statistique montre une variation hautement significative entre les moyennes de l'émergence des adultes avec $F= 73,31$ pour $P= 2,38 \times 10^{-5}$

Selon le facteur plante il existe une différence significative avec $F=13,78$ pour un $P= 0,009$

b) Sur *Acanthoscelides obtectus*

Les résultats obtenus dans nos essais (Fig 48) montrent que la moyenne d'émergence des adultes dans les lots témoin est de $98,66 \pm 2,5$. Cette moyenne diminue proportionnellement avec l'accroissement des doses, pour atteindre une moyenne de 29 ± 2 et 13 ± 3 avec *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* respectivement.

La poudre extraite du *Nepeta nepetella* est la plus favorable contre l'émergence des adultes d'*Acanthoscelides obtectus*.

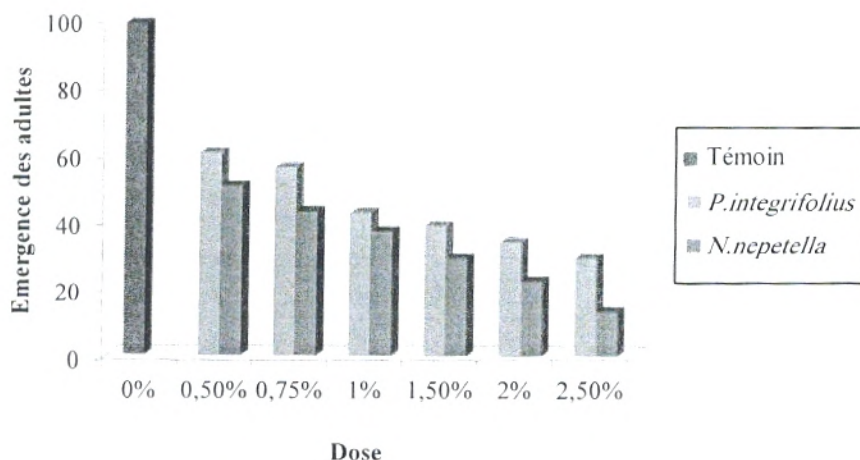


Figure 48 : Nombre moyen d'émergence des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* selon les différentes doses et le type de poudre utilisé

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente une variation hautement significative pour le facteur dose avec $F=96,84$ et $P=1,05 \times 10^{-5}$

Selon le facteur plantes, une différence significative avec $F=22,18$ et $P=0,003$

c) Sur *Sitophilus granarius*

Les résultats obtenus (Fig 49) montrent que l'émergence des charançons dans les lots témoins est en moyenne de $40,66 \pm 3,78$ individus. Elle diminue ensuite au fur et à mesure que l'on augmente la dose des poudres des feuilles des deux plantes étudiées, pour atteindre une moyenne de $14 \pm 2,64$ et $7 \pm 2,64$ individus émergés à la dose 2,5% pour les poudres des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* respectivement. La poudre des feuilles de *Nepeta nepetella* a le plus grand effet sur l'émergence des adultes de *Sitophilus granarius*.

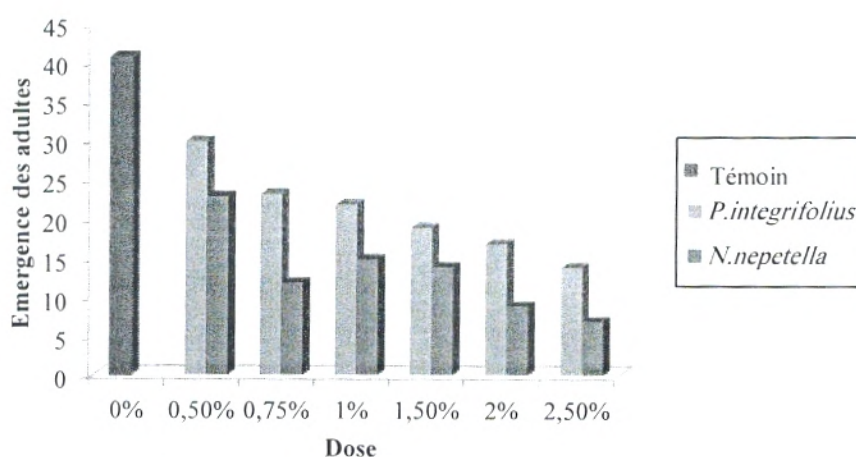


Figure 49 : Nombre moyen d'émergence des adultes de *Sitophilus granarius* selon les différentes doses et le type de poudre utilisé

Selon le facteur dose en poudre des feuilles, l'analyse de la variance à deux critères de classification confirme une différence significative entre les moyennes de l'émergence avec $F= 25,22$ et $P=0,002$

Selon le facteur plante, une différence significative avec $F= 35,34$ et $P= 0,00019$

d) Sur *Rhyzopertha dominica*

Les résultats présentés dans la figure 50 montre que la moyenne des individus émergés est réduite avec la plus faible dose : elle est de $69\pm 2,64$ individus dans les échantillons témoins et passe ensuite à une moyenne de 55 ± 2 et $32,33\pm 3,51$ pour la poudre de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* respectivement à la plus faible dose. Les poudres des feuilles des deux plantes affectent l'émergence de *Rhyzopertha dominica*, notamment avec les feuilles de *Nepeta nepetella* qui la réduit à $15\pm 2,64$ à la dose de 2,5%

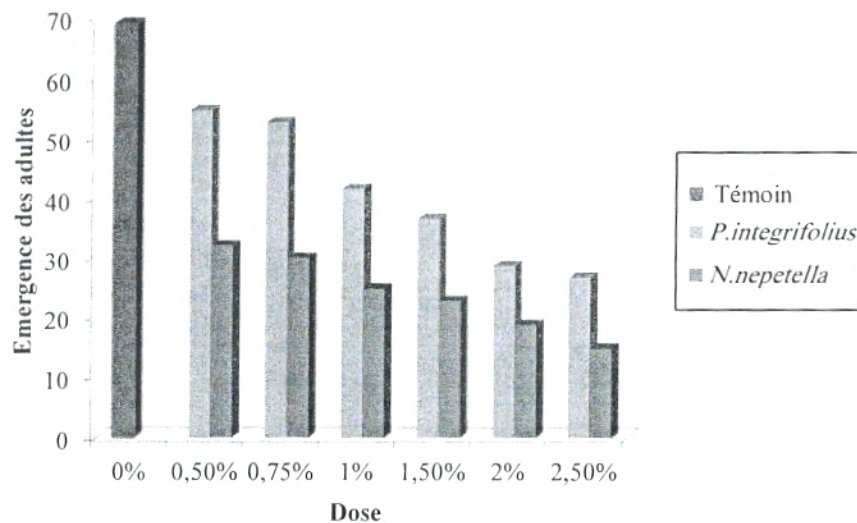


Figure 50 : Nombre moyen d'émergence des adultes de *Rhyzopertha dominica* selon les différentes doses et le type de poudre utilisé

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre une différence significative pour le facteur dose avec $F=16,82$ pour $P=0,001$.

Pour le facteur poudre une différence entre les moyenne de l'émergence des adultes avec $F=22,10$ pour $P=0,003$.

e) Sur *Tribolium castaneum*

D'après les résultats obtenus (Fig 51), l'émergence dans les lots témoins est en moyenne de $199,33\pm 6,5$ individus émergés, elle diminue de façon progressive avec l'augmentation de dose des poudres des feuilles des deux plantes.

Les poudres des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* réduisent le nombre des adultes émergés à $78 \pm 4,58$ et $55 \pm 3,60$ individus à la dose 2,5%.

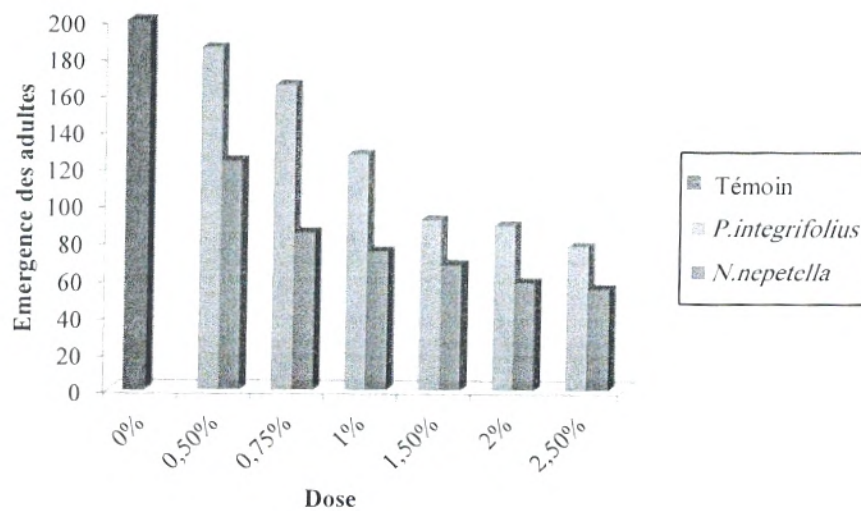


Figure 51 : Nombre moyen d'émergence des adultes de *Tribolium castaneum* selon les différentes doses et le type de poudre utilisé

L'analyse de la variance à deux critères de classification marque une différence significative pour le facteur poudre des feuilles avec $F= 14,20$ et $P= 0,009$ et une différence significative pour le facteur dose avec $F= 12,80$ et $P=0,003$.

Discussion

Les traitements effectués avec la poudre des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* réduisent nettement le nombre de descendants des cinq insectes étudiés comparativement aux séries témoins. La poudre la plus active est celle de *Pseudocytisus integrifolius*.

Les poudres des feuilles des deux plantes exercent une activité larvicide très significative avec l'augmentation de la dose,, une activité biologique intéressante sur les adultes de *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum* avec une réduction des émergences de la descendance.

Plusieurs plantes testées sur les Coléoptères du genre Bruchidae, ravageurs du maïs, du manioc et du haricot ont montré un effet insecticide et ovicide (GLITHO *et al.*, 2008; MONGE *et al.*, 1988). C'est le cas de l'effet des feuilles de *Boscia senegalensis* (pers.) testées sur les adultes de *Bruchidius atrolineatus* (Pic.) et ceux de *Callosobruchus maculatus* (Fab) par ALZOUMA & BOUBACAR (1987) au Niger. Au Congo, les effets similaires ont été

notés aussi pour les feuilles de *Chenopodium ambrosioides*, de *Cymbopogon shoenanthus* et de *Lavandula (sp)*, sur les Bruches et surtout les adultes de *Callosobruchus maculatus* par **DELOBEL & MALONGA, (1987)**.

Les auteurs comme (**KETOH *et al.*, 2002; BÉKELE & HASSANALI 2001; KETOH *et al.*, 1998; BABA-MOUSSA *et al.*, 1997**) ont également noté les mêmes effets pour *Ocimum kilimandscharicum* et *Ocimum kenyse* (Labiatae) sur les bruches au Bénin et au Togo.

L'effet des poudres des feuilles de diverses plantes sur l'émergence des bruches a été mis en évidence par de nombreux auteurs. Ainsi **KASSEMI (2006)** a constaté que les poudres des feuilles de deux variétés de *P.vulgaris* blanche et marron réduisent de façon significative le nombre des descendants d'*Acanthoscelides obtectus* comparativement aux échantillons non traités.

Les travaux de **KELLOUCHE & SOLTANI (2004)** sur une espèce voisine à savoir la bruche du niébé, ont révélé que la poudre de clous de girofle a un très considérable sur l'émergence des adultes de *Callosobruchus maculatus*. En effet, cette poudre empêche toute émergence à la faible dose de 0.2%.

D'après **DELOBEL & MALONGA (1987)** et **MALIK *et al.* (1984)**, les poudres de feuilles sèches de *C.ambrosioides* mélangées aux grains d'arachide et de haricot en stockage protégeraient ces denrées contre les attaques d'insectes tels que *Rhyzopertha dominica* F., *Caryedo serratus* et *Acanthoscelides obtectus* Say.

Conclusion

Les résultats indiquent que les poudres des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* exercent une toxicité importante vis-à-vis des cinq insectes étudiés (*Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum*) et les larves de *Tribolium castaneum*. Ces plantes présentent des propriétés insecticides et larvicides sur *Tribolium castaneum*. En effet, l'efficacité de la poudre des feuilles d'une telle plantes aromatique varie selon l'insecte traité et même selon le stade traité (adulte ou larve). La poudre de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* testées présentent une grande activité biologique sur les adultes avec une réduction très significative des émergences de la descendance.

Pour l'ensemble des tests effectués, la poudre des feuilles de *Nepeta nepetella* s'est avérée être la plus efficace pour lutter contre les ravageurs des stocks étudiés.

3. Effet insecticide des huiles essentielles sur les insectes étudiés

3.1. Rendement en huiles essentielles

Les parties aériennes des deux plantes aromatiques testées contiennent des huiles essentielles, le rendement en huiles essentielles dépend de nombreux facteurs comme l'espèce, la période de récolte, le mode d'extraction et la durée de distillation.

Pseudocytisus integrifolius possède un rendement en huiles essentielles de 0,055%.

Le rendement de *Nepeta nepetella* est de 0,5%

3.2. Traitement par contact

3.2.1. Effet insecticide des huiles essentielles sur les insectes

a) Sur la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus*

La mortalité de *Callosobruchus maculatus* (témoin) est représentée dans le tableau 16

Tableau 16 : Mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* (témoin)

Durée d'exposition (jours)	Essais			Moyenne	mortalité%
	B1	B2	B3		
1	1	0	0	0,33	3,3
2	2	2	2	2	20
3	2	3	2	2,33	23,3
4	3	3	3	3	30
5	3	3	3	3	30
6	3	3	3	3	30

a.1 *Pseudocytisus integrifolius*

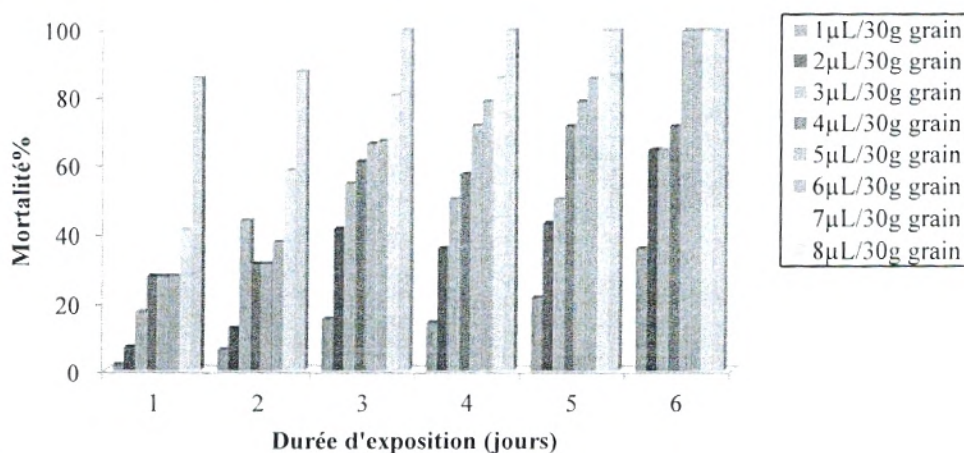


Figure 52 : Evolution de la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre une différence significative entre les taux de mortalité selon les doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*, avec $F=45.76$ pour $P=9.26 \times 10^{-16}$, selon le facteur durée d'exposition, nous notons une variation significative entre les taux de mortalité avec $F=34.74$ pour $P=1.26 \times 10^{-12}$

a.2 *Nepeta nepetella*

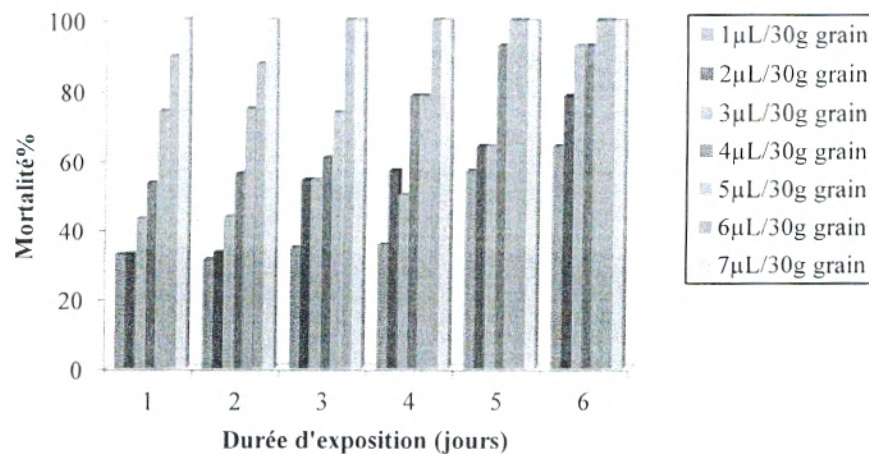


Figure 53 : Evolution de la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Nepeta nepetella*

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence significative entre les taux de mortalité, selon le facteur dose en huiles essentielles de *Nepeta nepetella*, avec $F=40.10$ pour $P=5.12 \times 10^{-13}$

Selon le facteur durée d'exposition, montre une différence significative avec $F=13.30$ pour $P=7.14 \times 10^{-7}$

b) Sur la mortalité d'*Acanthoscelides obtectus*

La mortalité d'*Acanthoscelides obtectus* (témoin) est représentée dans le tableau 17

Tableau 17 : Mortalité des adultes d'*Acanthoscelides obtectus*

Durée d'exposition (jours)	Essais			Moyenne	mortalité%
	B1	B2	B3		
1	1	0	1	0,66	6,6
2	2	2	1	1,66	16,6
3	2	2	2	2	20
4	3	3	3	3	30
5	5	4	3	4	40
6	5	4	3	4	40

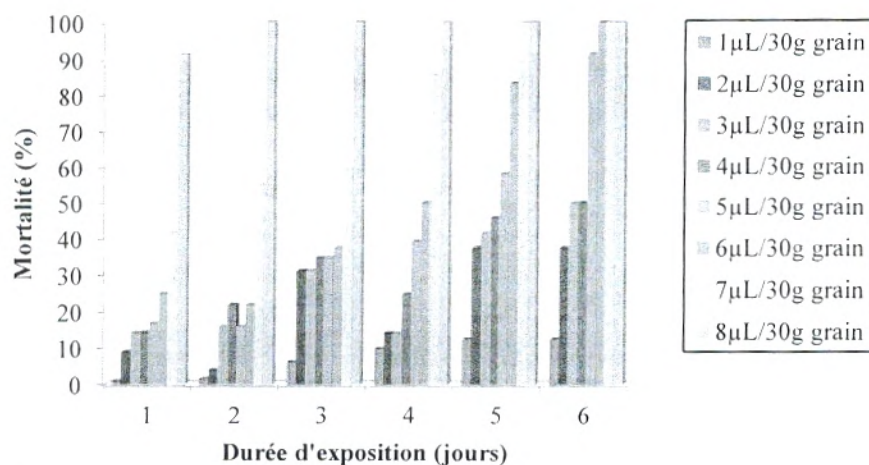
b.1 *Pseudocytisus integrifolius*

Figure 54: Evolution de la mortalité des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une variation significative entre les taux de mortalité, selon le facteur doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*, avec $F=35.48$ pour $P=4.64 \times 10^{-14}$

Selon le facteur durée d'exposition, montre une différence entre les taux de mortalité des bruches avec $F=14.23$ pour $P=1.28 \times 10^{-7}$

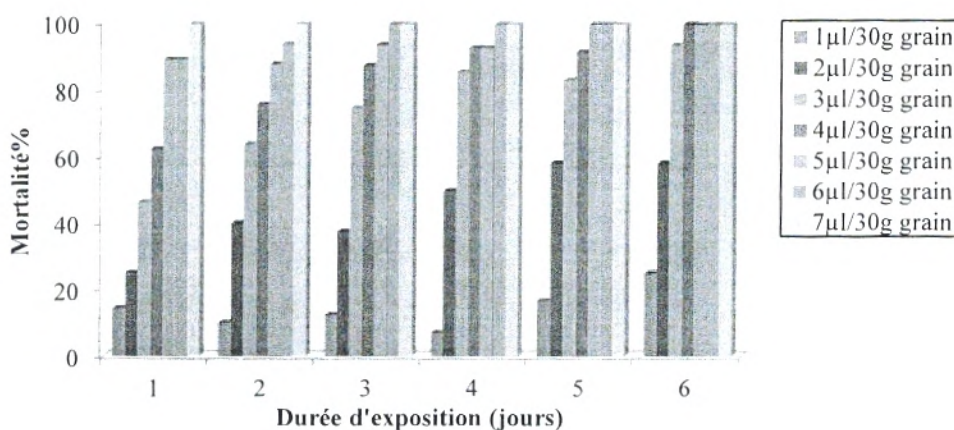
b.2 *Nepeta nepetella*

Figure 55 : Evolution de la mortalité des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Nepeta nepetella*

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente une différence hautement significative entre les taux de mortalité, selon les doses en huiles essentielles extraites de *Nepeta nepetella*, avec $F=117.49$ pour $P=1.8 \times 10^{-19}$

Selon la durée d'exposition, nous constatons une variation entre les taux de mortalité avec $F=8.08$ pour $P=6.36 \times 10^{-5}$

c) Sur la mortalité de *Sitophilus granarius*

La mortalité de *Sitophilus granarius* est représentée dans le tableau suivant

Tableau 18: Mortalité des adultes de *Sitophilus granarius* (témoin)

Durée d'exposition (jours)	Essais			Moyenne	mortalité%
	B1	B2	B3		
1	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0,33	3,3
3	0	0	1	0,33	3,3
4	1	0	1	0,66	6,6
5	1	1	1	1	10
6	1	1	2	1,33	13,3

c.1 *Pseudocytisus integrifolius*

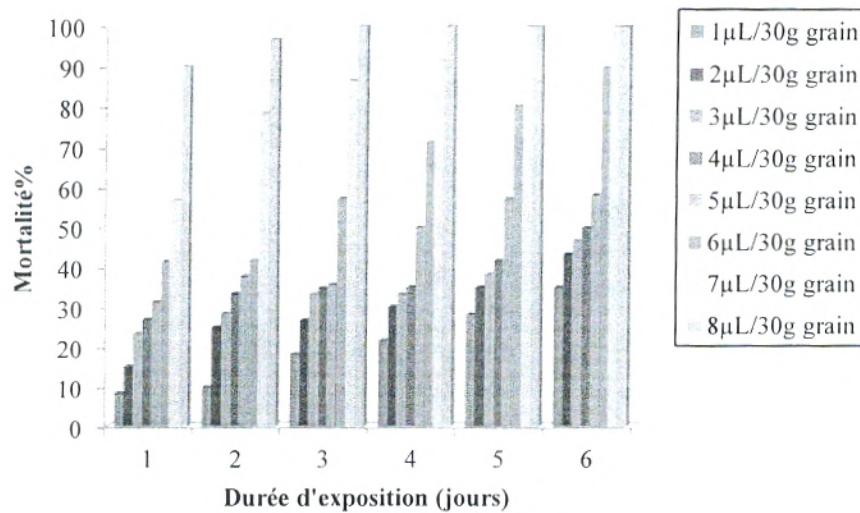


Figure 56: Evolution de la mortalité des adultes de *Sitophilus granarius* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence hautement significative entre les taux de mortalité, selon le facteur doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*, avec $F=125.49$ pour $P=7.20 \times 10^{-23}$

Selon le facteur durée d'exposition, nous constatons une variation entre les taux de mortalité avec $F= 23.96$ pour $P=2.12 \times 10^{-10}$

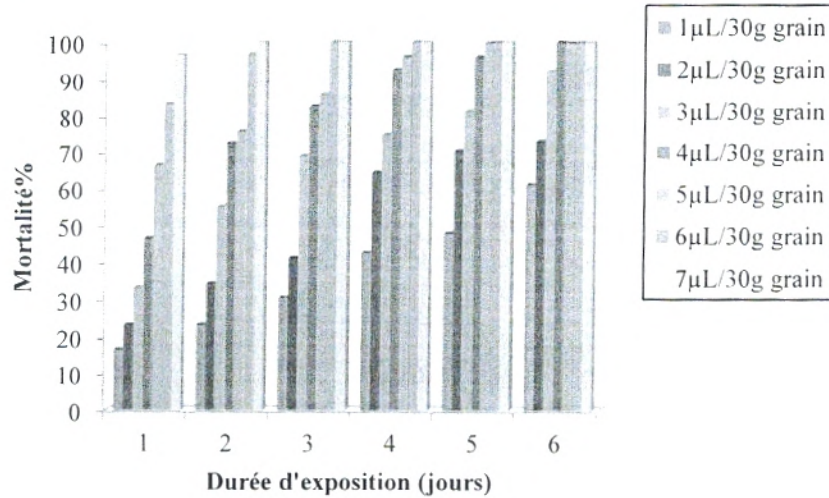
c.2 *Nepeta nepetella*

Figure 57 : Evolution de la mortalité des adultes de *Sitophilus granarius* en fonction de temps et des doses en huiles essentielles de *Nepeta nepetella*

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre une différence significative entre les taux de mortalité, selon les doses en huiles essentielles de *Nepeta nepetella*, avec $F=45.97$ pour $P=8.38 \times 10^{-14}$ et selon le facteur durée d'exposition avec $F=18.74$ pour $P=1.97 \times 10^{-8}$

d) Sur la mortalité de *Rhizopertha dominica*

La mortalité des adultes de *Rhizopertha dominica* (témoin) est représentée dans le tableau 19

Tableau 19 : La mortalité des adultes de *Rhizopertha dominica* (témoin)

Durée d'exposition (jours)	Essais			Moyenne	mortalité%
	B1	B2	B3		
1	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0,66	6,6
3	1	1	2	1,33	13,3
4	2	1	2	1,66	16,6
5	2	2	2	2	20
6	2	3	2	2,33	23,3

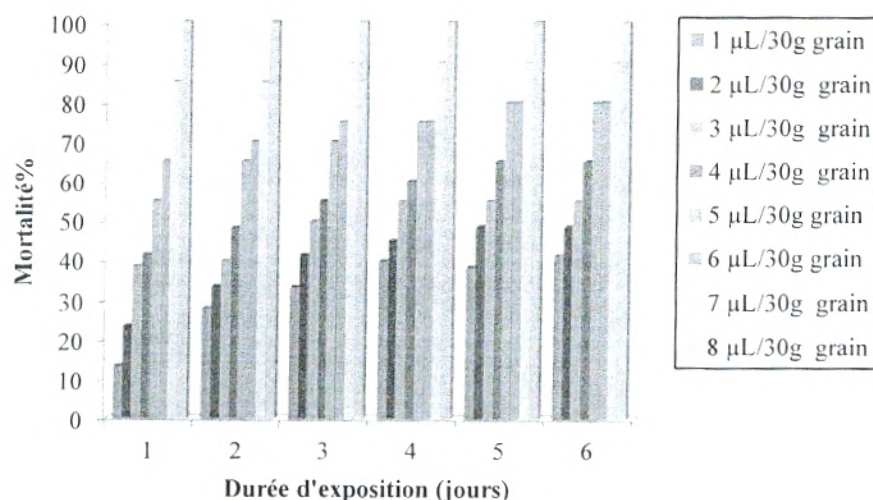
d.1 *Pseudocytisus integrifolius*

Figure 58 : Evolution de la mortalité des adultes de *Rhyzopertha dominica* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence significative entre les taux de mortalité, selon les doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* avec $F=22.13$ pour $P=6.02 \times 10^{-10}$

Selon la durée d'exposition, montre une différence hautement significative avec $F=197.42$ pour $P=3.43 \times 10^{-26}$

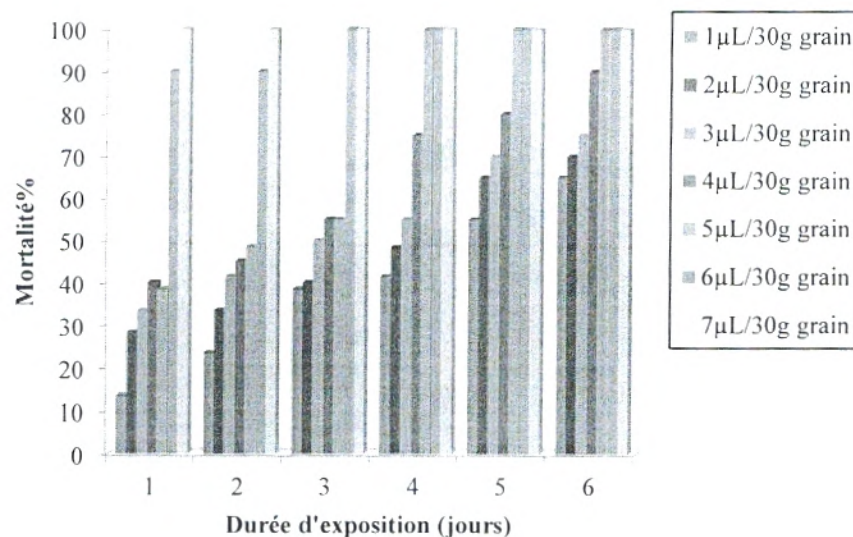
d.2 *Nepeta nepetella*

Figure 59 : Evolution de la mortalité des adultes de *Rhyzopertha dominica* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Nepeta nepetella*

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une variation significative entre les taux de mortalité, selon les doses en huiles essentielles de *Nepeta nepetella*, avec $F=29.58$ pour $P=2.55 \times 10^{-11}$ et selon la durée d'exposition, différence significative avec $F=13.72$ pour $P=5.24 \times 10^{-7}$

e) Sur la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum*

La mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* (témoin) est représentée dans le tableau 20

Tableau 20: mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* (témoin)

Durée d'exposition (jours)	Essais			Moyenne	mortalité%
	B1	B2	B3		
1	0	1	0	0,33333333	3,33
2	1	1	0	0,66666667	6,6
3	1	1	1	1	10
4	2	1	2	1,66666667	16,6
5	3	3	3	3	30
6	3	3	3	3	30

e.1 *Pseudocytisus integrifolius*

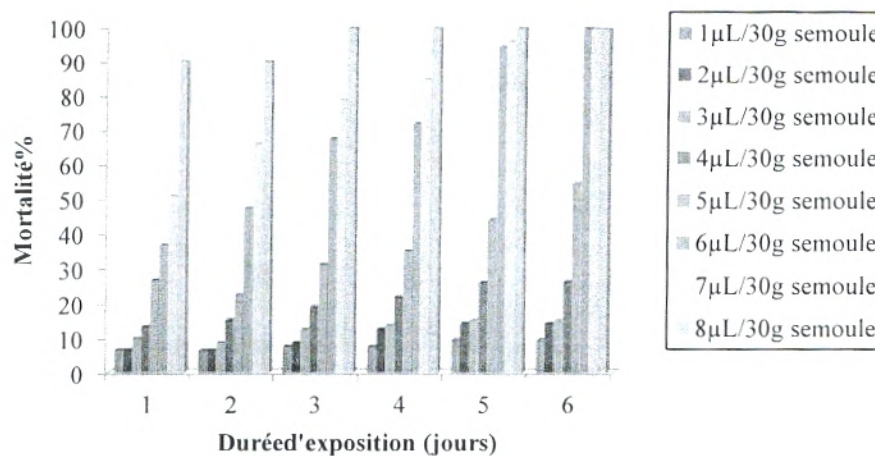


Figure 60: Evolution de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre une différence significative entre les taux de mortalité, selon les doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*, avec $F= 8.26$ avec $P=3.09 \times 10^{-5}$

Selon le facteur durée d'exposition, nous notons une différence hautement significative avec $F=95.07$ avec $P= 7.29 \times 10^{-21}$

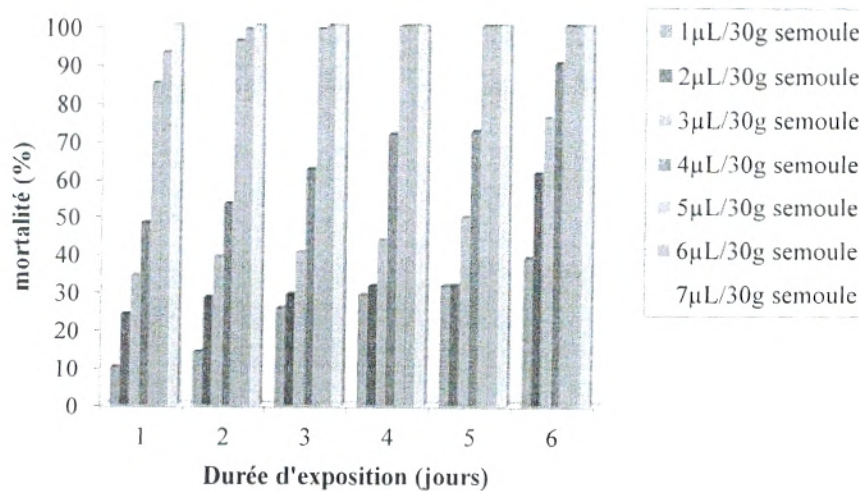
c.2 *Nepeta nepetella*

Figure 61 : Evolution de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Nepeta nepetella*

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une variation hautement significative entre les taux de mortalité, selon les doses en huiles essentielles de *Nepeta nepetella* avec $F=116.67$ pour $P=2.02 \times 10^{-19}$

Selon la durée d'exposition, nous constatons une différence entre les taux de mortalité avec $F=9.32$ pour $P=1.93 \times 10^{-5}$

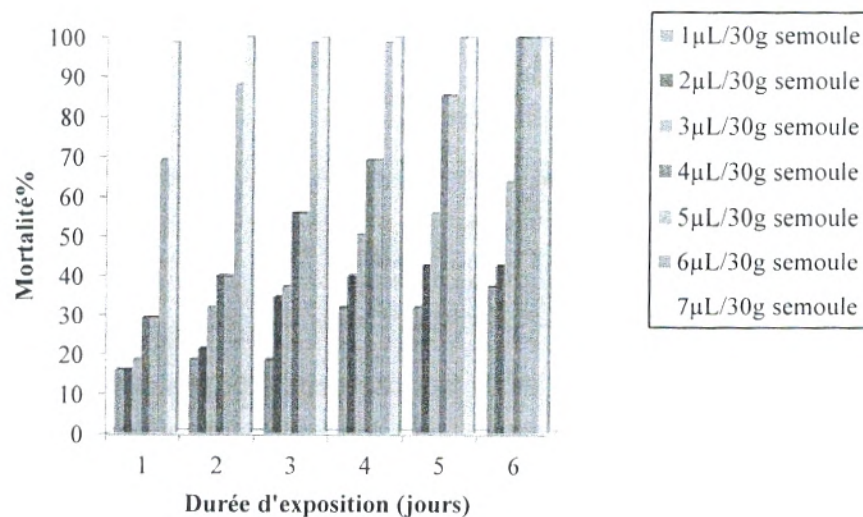
f) Sur la mortalité des larves de *Tribolium castaneum*f.1. *Pseudocytisus integrifolius*

Figure 62: Evolution de la mortalité des larves de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*

Les taux de mortalité de l'ensemble des insectes étudiés sont proportionnels aux deux facteurs dose et temps pour les deux huiles utilisées.

Les huiles essentielles de *Nepeta nepetella* provoquent une mortalité de 100% de *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum* (adultes et larves) à la dose 7 µL/30g (grains/semoule) dès le premier jour, chez *Sitophilus granarius*, la mortalité est de 96,6%, alors que pour les huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*, la dose 8µL/30g grains induit une mortalité de 100% chez *Rhyzopertha dominica* dès le premier jour, chez *Acanthoscelides obtectus* et les larves de *Tribolium castaneum* le deuxième jour, chez *Callosobruchus maculatus*, *Sitophilus granarius* et les adultes de *Tribolium castaneum* le troisième jour.

Discussion

D'après les résultats obtenus, les deux huiles testées ont révélé une activité biologique très intéressante à l'égard de *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et des adultes et larves de *Tribolium castaneum*.

Les adultes de *Rhyzopertha dominica* et les larves de *Tribolium castaneum* sont très sensibles aux deux huiles testées, *Nepeta nepetella* est la plus toxique avec DL₅₀ de 2,58 µL/30g grains et DL₅₀ de 1,95 µL/30g semoule respectivement, comparativement à *Pseudocytisus integrifolius* avec DL₅₀ de 2,61 µL/30g grains et DL₅₀ de 2,93 µL/30g semoule respectivement.

Les adultes de *Tribolium castaneum* sont beaucoup plus résistants aux huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* comparativement aux larves avec DL₅₀ de 6,10 µL/30g semoule.

Pseudocytisus integrifolius n'exerce pas la même activité sur les différents insectes étudiés, il existe une grande variation de la sensibilité de ces insectes avec DL₅₀ de 5,41 µL/30g grains pour *Callosobruchus maculatus*, de 5,12 µL/30g graines pour *Acanthoscelides obtectus* et de 4,22 µL/30g graines pour *Sitophilus granarius*.

BRITO et al (2006) ont montré l'effet insecticide des huiles essentielles de *E.citriodora*, *E.globulus* et *E.staigerana* (Myrtaceae) sur la bruche de nièbé, *Callosobruchus maculatus* à des doses allant de 5 à 25 µL.

D'après **LALE (1991)**, les huiles essentielles de citronnelle, du girofle et de citron se sont révélées significativement toxiques vis-vis de *Callosobruchus maculatus* et se rangent selon l'ordre décroissant de toxicité suivant : Girofle, Citronnelle, Citron ; toutefois des mortalités significatives s'observent dès qu'il y'a contact direct avec une huile. Par contre les tests par inhalation semblent être moins efficaces.

MAHFUZ & KHALEQUZZAMAN, (2007) ont testé la toxicité de cinq huiles essentielles de cardamome, cannelle, clous de girofle, d'eucalyptus et du neem sur l'activité biologique des adultes de *Callosobruchus maculatus*. Dans les tests par contact, l'huile essentielle de l'eucalyptus est la plus efficace dans l'induction de la mortalité des adultes à la fois après 24 et 48 h de traitement : le classement de l'efficacité des huiles essentielles dans le test par contact est le suivant : eucalyptus > clous de girofle > cinnamome > cardamome > neem.

TAPONDJOU et al. (2005) montre que les huiles essentielles d'*Eucalyptus saligna* et de *C.sempervirens* ont aussi révélé un effet très toxique sur *Sitophilus zeamais* (Coleoptera : Curculionidae) et *Tribolium castaneum* (Coleopterae : Tenebrionidae). Dans les traitements par contact, l'huile essentielle d'Eucalyptus s'est révélée très toxique à l'égard de ce ravageur.

REDDY & SINGH (1998) ont observé qu'une dose de 200 µL de l'huile essentielle du neem (*A.indica* A.juss.), a causé instantanément 100% de mortalité chez les adultes de *Callosobruchus maculatus*. 98% de mortalité ont été obtenus après une exposition de 48 heures. Avec l'huile essentielle d'*O.basilicum* L. (Labiatae), à la concentration de 90 µL, 96% de mortalité ont été obtenus chez les adultes de la bruche du niébé, après 48h d'exposition.

En effet, **HAUBRUGE et al (1989)** ont testé la toxicité de cinq huiles essentielles de Citrus à l'égard de trois coléoptères. Les résultats du test par contact des grains traités ont indiqué que l'huile extraite du bigaradier est la plus efficace simultanément à l'égard de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Prostephanus truncatus* (Coleoptera : Bostrychidae) et *Tribolium castaneum* (Coleoptera, Tenebrionidae). Ces auteurs ont constaté aussi que *S.zeamais* est la plus sensible envers ces huiles vu qu'ils ont noté pour cet insecte une mortalité de 96% à la dose de 5µL de l'huile bigaradier après 7 jours. Pour le test par application topique, les travaux de ces auteurs ont montré que la longévité de *P.truncatus* est d'une journée à la dose de 2µL de l'huile du bigaradier. En effet des mortalité de 28%, 98%, 34% et 24% des adultes de *S.zeamais* ont été enregistrées à la dose 2µL après 24 heures, respectivement pour les huiles de l'orange douce, du bigaradier, du citron et du pamplemousse.

Le taux de mortalité dépend de la dose appliquée, à la plus forte dose de 7µL/30g grains de l'huile essentielle de *Nepeta nepetella*, les taux de mortalité obtenus sont de 100% pour *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum* (adultes et larves), alors que pour *Sitophilus granarius* la mortalité est de 96,6%.

A la dose la plus forte en l'huile essentielle de *Pseudocytisus integrifolius* 8µL/30g, la mortalité enregistrée est de 100% chez *Rhyzopertha dominica* dès le premier jour. La meme dose provoque une mortalité totale après deux jours chez les adultes d'*Acanthoscelides*

obtectus, larves de *Tribolium castaneum* et le troisième jour chez *Callosobruchus maculatus*, *Sitophilus granarius* et les adultes de *Tribolium castaneum*.

Pour les deux huiles essentielles testées, les résultats des tests statistiques montrent qu'il existe une variation concernant le taux de mortalité des insectes qui dépend de la dose utilisée en huiles essentielles et la durée d'exposition.

D'après **KIM et al. (2003)** les effets toxiques des huiles essentielles dépendent de l'espèce d'insecte, de la plante et du temps d'exposition.

GARNEAU (2001), les terpènes et les phénypropanes, principaux constituant des huiles essentielles, sont responsables des activités insecticides.

Plusieurs travaux portant sur l'analyse chimique des substances végétales ont montré aussi la présence des monoterpènes qui inhibent le cholinestérase et les composés soufrés qui agissent sur les canaux potassium de certains insectes comme la blatte. **TAPONDJOU et al. (2000)** ont affirmé aussi que *Chenopodium ambrosioides* L. et *Eucalyptus saligna* Smith ont des propriétés entomotoxiques. Ce sont des plantes dont les branches et les feuilles fraîches sont couramment utilisées pour protéger les grains de maïs, *Zea mays* L., les graines de haricot, *Phaseolus vulgaris* L. et de niébé, *Vigna unguiculata* L. Walp. contre les attaques de divers insectes de stocks.

La composition chimique des huiles essentielles extraites de *Nepetta nepetella* de la région de Mechria selon **BENDAHOU (2007)**, montre que les composés majoritaires sont 4 α ,7 α ,7 α β -Népétalactone (72,47%) et de 4 α ,7 α ,7 α -Népétalactone (18,5%). L'huile essentielle est riche en monoterpènes oxygénés alors que les sesquiterpènes sont présents en quantité très faible. Ces composés sont connus pour leurs propriétés insecticides, ce qui explique les résultats obtenus.

Selon **GKINIS et al. (2003)**, les huiles essentielles de *Nepeta* ont un effet significatif de répulsion sur les insectes et particulièrement sur les moustiques.

Des tests d'évaluation toxicologiques réalisés par **HARNEY et al. (1978)** de l'huile essentielle brute, de népétalactones et d'acide népétalique sur des souris montrent une DL₅₀ de 1300, 1050 et 1550 mg/kg respectivement, alors que l'huile à 500 mg/kg et la népétalactone à 62,5 mg/kg provoquent un endormissement plus rapide chez la souris que l'hexobarbitale.

BÉLANGER & DEXTRAZE (1998) ont étudié la composition chimique des huiles essentielles des plantes aromatiques utilisées dans la protection des stocks. *Hyptis suaveolens* L. contient une majorité de monoterpènes soit 75%, dont 36% de sabinène, 5,4% de b-pinène, 4,9% de limonène et des sesquiterpènes 25% dont 17% de β -cayophyllène, *Hyptis spicigera* L. contient en majorité de l' α -pinène (43%), du β -pinène (15%) et de l' α -phellandrène (9%)

comme monoterpène et des sesquiterpènes (8%) dont ceux de β -caryophyllène (6.5%), *Ocimum basilicum* se caractérise par une teneur élevée en eucalyptol ou cinéole-1,8 (61%), les autres constituants majoritaires étant le β -pinène (5.7%), l' α -terpinéol (6%) et le β -caryophyllène 2%.

Selon **OJIMELUKWE & ADLER (1999)** l'huile essentielle des feuilles d' *E. saligna*, dont l'activité insecticide a déjà été mise en évidence à l'égard de plusieurs insectes des denrées stockées comme *Tribolium confusum* Jacquelin Du Val. et *Callosobruchus maculatus*, il a été démontré que son principal constituant est le α -pinène (39,5 %), ce qui justifie son activité insecticide contre les ravageurs. Des effets similaires ont été également notés avec le α -terpinéol, le 1,8-cinéole et le limonène (**PRATES et al., 1998; OBENG-OFORI et al., 1997**). La composition chimique des huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* de la région d'El Kasdir (Naâma) selon **BENDIMERAD (2006)** montre que les composés majoritaires dans la partie aérienne (utilisée dans nos traitements) sont Disulfure de diméthyle 33,4 \pm 0,6%, Pent-4-ènenitrile 31,7 \pm 0,4, Trisulfure de diméthyle 24,2 \pm 0,1%

HO et al. (1996) ont évalué l'effet toxique des composés volatils des *Allium* sur certains insectes des denrées stockées comme *Callosobruchus maculatus*, *S. oryzae*, *Sitophilus granarius*, *Ephestia kuehniella* et *Plodia interpunctella*, *T. astaneum* et *S. zeamais*. Ils ont montré que les composés soufrés sont toxiques en milieu clos et des cas d'effets antiappétants. En plus de ces effets insecticides, certains travaux ont montré que les substances soufrées issues des *Allium* sont toxiques vis-à-vis d'un très large spectre d'organismes : nématodes, acariens (**TADA et al., 1988**), champignons (**BAERLOCHER et al., 1999**) et mammifères **DUGRAVOT et al. (2003)** sur les glucosinolates et leurs composés de dégradation, les isothiocyanates produits par la famille des crucifères sont des composés secondaires toxiques vis-à-vis d'un très large spectre d'organismes (**CHEW, 1988 ; LOUDA & MOLE, 1991**).

Les thiosulfonates et leurs composés de dégradation, les disulfures émis par les *Allium* sont donc toxiques vis-à-vis d'un grand nombre d'organismes dans des gammes de concentration relativement faible. La toxicité de ces composés allélochimiques soufrés est comparable à celle des isothiocyanates (**DUGRAVOT et al., 2002**) qui sont également des substances secondaires soufrées mais émises par les crucifères. Ces composés jouent un rôle considérable dans les systèmes de défense naturelle de ces plantes (**FEENY, 1977 ; CHEW & RODMAN, 1979 ; SIEMENS & MITCHELL-OLDS, 1998**) et leur toxicité vis-à-vis des insectes varie également selon que les phytophages sont ou non inféodés à ces plantes (**AGRAWAL, 2000; LI et al., 2000**).

3.2.3. Effet des huiles essentielles sur la fécondité des insectes étudiés

a) Sur *Callosobruchus maculatus*

La fécondité de *Callosobruchus maculatus* (témoin) est représentée dans le tableau suivant

Tableau 22: Fécondité des femelles de *Callosobruchus maculatus* au témoin (acétone)

Essais Paramètres testés	B1	B2	B3	Moyenne	Ecart-type
Ponte (œufs)	86	71	75	77,33333333	7,76745347
Fécondité (œufs/femelle)	17,2	14,2	15	15,46666667	1,55349069

D'après les résultats obtenus, la fécondité dans les lots témoins est en moyenne de $15,45 \pm 1,55$ œufs par femelle, elle diminue de façon notable et progressive avec l'augmentation de la dose des huiles.

Les huiles extraites des deux plantes étudiées réduisent la fécondité à moins de cinq œufs par femelle à partir de la faible dose ($1 \mu\text{L}/30\text{g}$ grains)

Nous constatons que la ponte est complètement inhibée à partir de la dose $6 \mu\text{L}/30\text{g}$ graines pour l'huile de *Nepeta nepetella*. Pour *Pseudocytisus integrifolius* nous enregistrons à la dose la plus élevée $7 \mu\text{L}/30\text{g}$ graines une fécondité de $0,1 \pm 0,1 \mu\text{L}/30\text{g}$ graines.

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il y'a une différence très hautement significative pour le facteur dose avec $F=439,99$ pour $P=1,02 \cdot 10^{-8}$

Selon le facteur plante ya une différence significative avec $F=7,68$ pour $P=0,02$

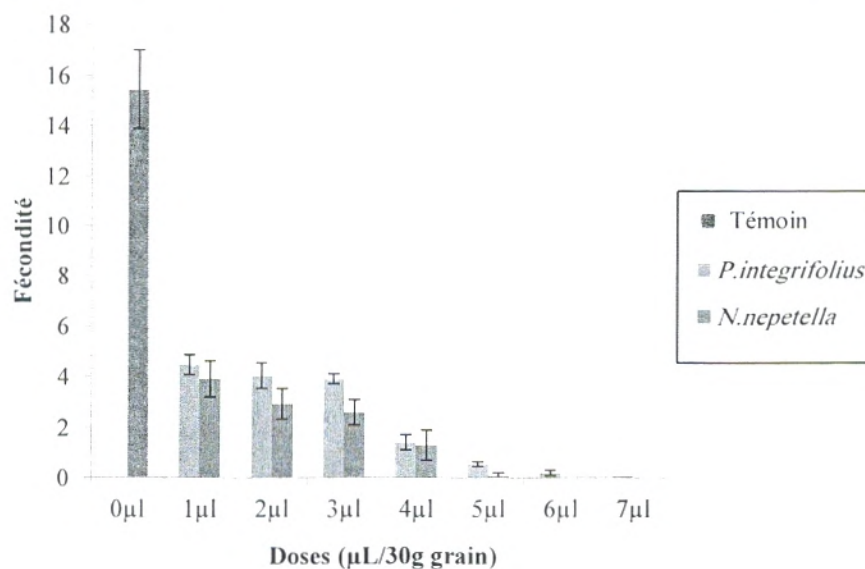


Figure 64 : Fécondité moyenne de *Callosobruchus maculatus* selon les différentes doses et le type d'huile essentielle utilisée (moyenne \pm écart-type)

b) Sur *Acanthoscelides obtectus*

La fécondité d'*Acanthoscelides obtectus* (témoin) avec acétone uniquement est représentée dans le tableau 23

Tableau 23 : Fécondité des femelles *Acanthoscelides obtectus* au témoin (acétone)

Essais	B1	B2	B3	Moyenne	Ecart-type
Paramètres testés					
Ponte (œufs)	52	49	55	52	3
Fécondité (œufs/femelle)	10,4	9,8	11	10,4	0,6

Les résultats obtenus dans nos essais montrent que la fécondité dans les lots témoins est en moyenne de $10,4 \pm 0,6$ œufs par femelle, elle diminue au fur et à mesure que l'on augmente la dose des huiles essentielles des deux plantes.

Une grande diminution de la fécondité est enregistrée dès la plus faible dose utilisée $1 \mu\text{L}/30\text{g}$ graine, elle est de $4,66 \pm 0,3$ et $3,92 \pm 0,4$, moyenne correspondante respectivement aux huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella*.

La dose $7 \mu\text{L}/30\text{g}$ graines inhibe complètement la fécondité des femelles que ce soit la plante utilisée, alors que l'huile essentielle extraite de *Nepeta nepetella* inhibe la fécondité d'*Acanthoscelides obtectus* à une dose de $6 \mu\text{L}/30\text{g}$ graines.

Selon le facteur dose en huiles essentielles, l'étude statistique montre une différence hautement significative entre les moyennes de la fécondité avec $F=403,86$ pour $P=1,38 \cdot 10^{-8}$

Selon le facteur plante, nous notons une différence significative avec $F=8,71$ pour $P=0,02$

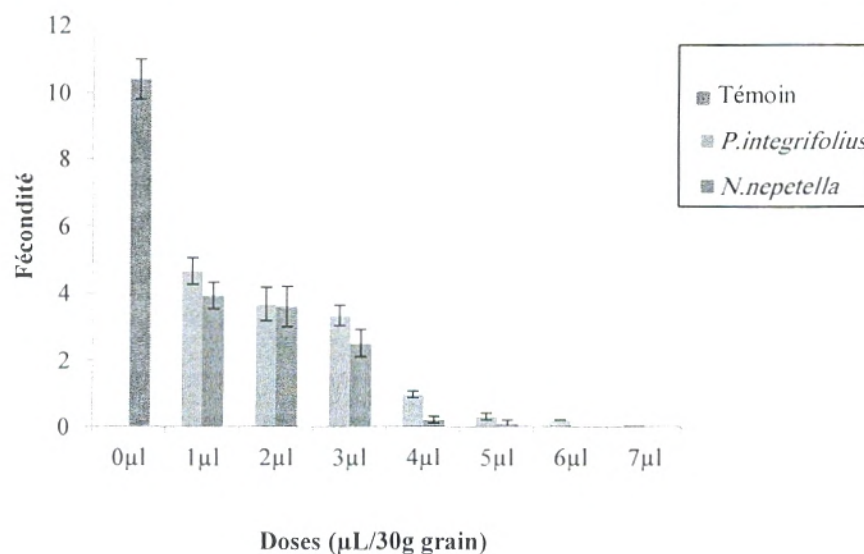


Figure 65 : Fécondité moyenne d'*Acanthoscelides obtectus* selon les différentes doses et le type d'huile essentielle utilisée (moyenne \pm écart-type)

c) Sur *Sitophilus granarius*

La fécondité de *Sitophilus granarius* au témoin grains traités par acétone uniquement est représentée dans le tableau 24

Tableau 24: Fécondité des femelles de *Sitophilus granarius* au témoin (avec acétone)

Essais Paramètres testés	B1	B2	B3	Moyenne	Ecart-type
Ponte (œufs)	23	32	29	28	4,58257569
Fécondité (œufs/femelle)	4,6	6,4	5,8	5,6	0,91651514

La fécondité de *Sitophilus granarius* à une température de 28°C et 75% d'humidité relative est en moyenne de $5,6 \pm 0,9$ œufs par femelle sur les grains de blé traité par 1mL d'acétone dans les mêmes conditions de laboratoire. La fécondité a nettement diminué en utilisant les huiles essentielles extraites des deux plantes testées (Fig 66). En effet en utilisant la dose la plus élevée en huiles essentielle de *Pseudocytisus integrifolius* ($7\mu\text{L}/30\text{g}$ grains) la fécondité enregistrée des femelles est de $0,13 \pm 0,1$ œufs/femelle, alors que l'huile essentielle extraite de *Nepeta nepetella* inhibe complètement la fécondité des charançons à la dose de $6\mu\text{L}/30\text{g}$ grains.

Selon le facteur dose en huiles essentielles, l'étude statistique confirme une variation hautement significative entre les moyennes de la fécondité avec $F=75,94$ pour $F=4,54.10^{-6}$ Selon le facteur l'huile essentielle une différence significative avec $F=18,54$ pour $F=0,003$

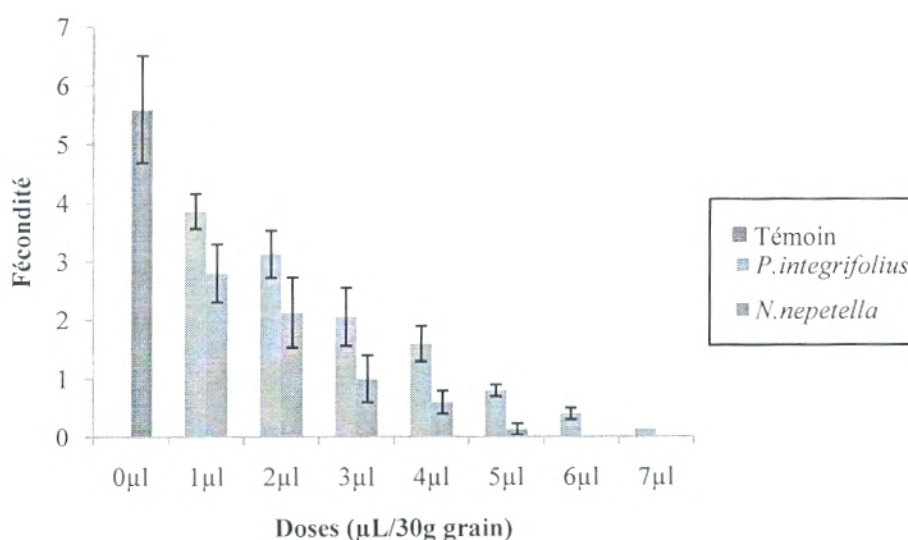


Figure 66: Fécondité moyenne de *Sitophilus granarius* selon les différentes doses et le type d'huile essentielle utilisée (moyenne±écart-type)

d) Sur *Rhyzopertha dominica*

La fécondité de *Rhyzopertha dominica* (témoin) avec acétone uniquement est représentée dans le tableau 25

Tableau 25: Fécondité des femelles de *Rhyzopertha dominica* au témoin (acétone)

Essais Paramètres testés	B1	B2	B3	Moyenne	Ecart-type
Ponte (œufs)	45	59	50	51,33333333	7,09459888
Fécondité (œufs/femelle)	9	11,8	10	10,26666667	1,41891978

Les résultats obtenus dans nos essais montrent que les deux huiles essentielles affectent d'une façon significative le nombre d'œufs pondus par les femelles de *Rhyzopertha dominica*. La fécondité dans les lots témoins est en moyenne de $10,26 \pm 1,41$ œufs/femelle, elle diminue dans les lots traités.

La dose $7\mu\text{L}/30\text{g}$ grains de l'huile essentielle de *Nepeta nepetella* inhibe complètement la ponte des femelles, tandis que à la même dose de l'huile essentielle de *Pseudocytisus integrifolius* la fécondité est de 0,13 œufs/femelle.

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence hautement significative pour le facteur dose avec $F=93,46$ pour $P=2,22 \cdot 10^{-6}$

Pour le facteur huiles essentielles une différence significative entre les moyenne de la fécondité avec $F=17,18$ pour $P=0,004$

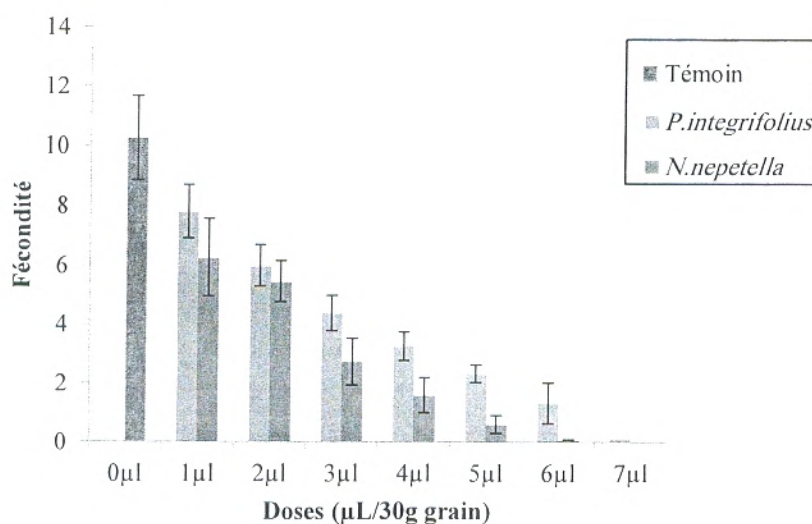


Figure 67 : Fécondité moyenne de *Rhyzopertha dominica* selon les différentes doses et le type d'huile essentielle utilisée (moyenne \pm écart-type)

e) Sur *Tribolium castaneum*

La fécondité des femelles de *Tribolium castaneum* (témoin avec acétone uniquement) est enregistrée dans le tableau 26

Tableau 26 : Fécondité des femelles de *Tribolium castaneum* (témoin)

Essais Paramètres testés	B1	B2	B3	Moyenne	Ecart-type
Ponte (œufs)	124	135	130	129,666667	5,50757055
Fécondité (œufs/femelle)	24.8	27	26	25,93333333	1,10151411

Les résultats obtenus dans les lots témoins montrent que la moyenne de la fécondité est de $25,93 \pm 1,1$ œufs/femelle, elle diminue en suite en fur et à mesure que l'on augmente la dose des huiles utilisées.

Une diminution de la fécondité est enregistrée dès la plus faible dose utilisée $1 \mu\text{L}/30\text{g}$ semoule, elle est de $18,92 \pm 0,8$ et $12,13 \pm 1,5$ œufs/femelle, moyennes correspondantes respectivement aux huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella*.

A la dose $7 \mu\text{L}/30\text{g}$ semoule le taux moyen d'œufs pondus diminue à $0,1$ œufs/femelle pour l'huile de *Pseudocytisus integrifolius*, alors qu'elle s'annule pour l'huile de *Nepeta nepetella*.

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente une différence hautement significative pour le facteur dose avec $F=47,06$ pour $P=2,32 \cdot 10^{-5}$

Oup le facteur huiles essentielles une variation entre les moyennes de la fécondité avec $F=12,44$ pour $P=0,009$.

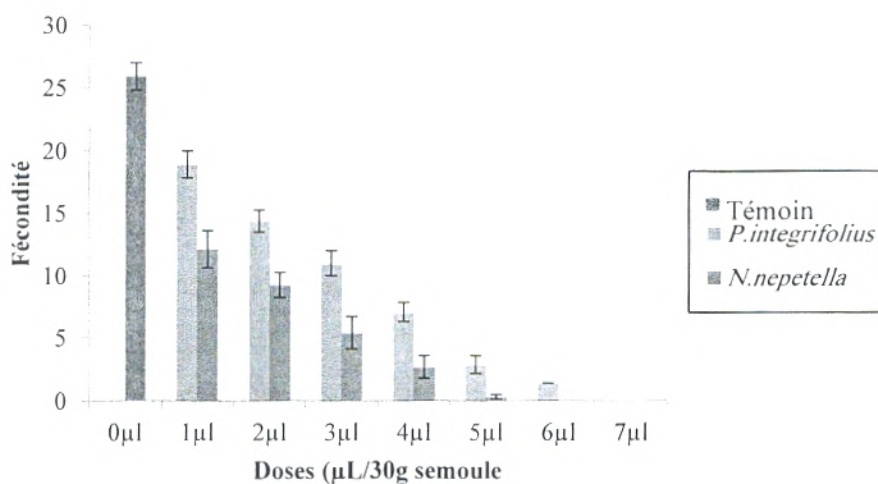


Figure 68: Fécondité moyenne de *Tribolium castaneum* selon les différentes doses et le type d'huile essentielle utilisée (moyenne \pm écart-type)

Discussion

Les résultats obtenus montrent clairement que les deux huiles essentielles affectent d'une façon significative le nombre d'œufs pondus par les femelles de *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*.

Les huiles essentielles testées réduisent le nombre d'œufs pondus par femelle dans les différents lots traités. La fécondité dans les lots témoins est nettement supérieure par rapport à celui des lots traités. Le nombre d'œufs pondus diminue considérablement au fur et à mesure qu'on augmente la dose en huiles essentielles.

La dose 7 μ L/30g (grains/semoule) en huile essentielle de *Nepeta nepetella* inhibe complètement la fécondité des femelles. La forte dose en l'huile essentielle de *Pseudocytisus integrifolius* réduit la fécondité de *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum* jusqu'à 0,1 \pm 0,1 œufs/femelle, 0,1 \pm 0 œufs/femelle, 0,13 \pm 0,1 œufs/femelle, 0,13 \pm 0,7 œufs/ femelle et 0,1 \pm 0 œufs /femelles respectivement.

Nous pouvons dire que les huiles essentielles des deux plantes ont une influence sur la physiologie de la ponte, les deux appareils génitaux mâles et femelles sont perturbés.

Nous avons constaté que les huiles induisent une diminution de la fécondité de l'ensemble des insectes étudiés aux différentes doses, nettement plus importante que celle observée au niveau des boîtes témoins. Nos résultats montrent que les huiles essentielles les plus toxiques sur les adultes des espèces étudiées sont également les plus efficaces sur la fécondité des femelles. La réduction de la fécondité des femelles est une conséquence directe de la mortalité des adultes.

EWETE et al. (1996), le fort taux de mortalité provoqué dans une population de ravageurs traités est un indicateur de la toxicité du produit utilisé.

L'activité ovicide des huiles s'explique par leur pouvoir pénétrant ou par la toxicité directe de leurs composants (**DON PEDRO, 1989**). La toxicité des vapeurs des huiles essentielles d'*Aeorus ealamus* sur les œufs de *Callosobruchus chinensis* L a été signalée par **SCHMIDT et al. (1991)** qui ont indiqué que les huiles essentielles avaient une action stérilisante sur les œufs.

L'activité biologique de certaines plantes, sous forme de poudre ou d'huile essentielle, sur les adultes des principaux insectes ravageurs des graines stockés a été mise en évidence par de nombreux auteurs.

D'après **HUIGNARD (1998)**, les œufs de *Callosobruchus maculatus* sont très sensibles aux différents traitements ; les CL50 sont respectivement de 0,04µl/l et de 0.17µl/l lorsque les œufs sont exposés pendant 24 heures au MITC (Méthylisotiocyanate) ou au Me₂S₂ (disulfure de diméthyle) (composés soufrés). Cette forte activité ovicide s'exprime en présence de l'huile de *Cedrus nederus* et d'*O.basilicum*. En revanche, l'huile de *Cedrus schoenanthus* a une action ovicide plus limitée puisqu'une concentration de 2,5 µl/l est nécessaire pour tuer 80% des œufs. **ALZOUMA & BOUBACAR (1987)** notent que des feuilles d'écotypes nigériens de *B. senegalensis* sont toxiques et réduisent la fécondité de *Bruchidius atrolineatus* PIC et de *Callosobruchus maculatus* mais ne donnent aucune indication sur les principes actifs en jeu. **KJAER et al. (1973)** rapportent la présence de méthyle et d'isopropyle glucosinolate dans les rameaux de *B. senegalensis*.

3.2.4. Effet des huiles essentielles sur l'émergence des insectes étudiés

a) Sur *Callosobruchus maculatus*

Les résultats montrent que la moyenne des individus émergés dans les lots non traités est de 78±2,64. Elle diminue ensuite pour les plus faibles doses en huiles essentielles des deux plantes étudiées, soit une moyenne de 21,33±1,52 individus pour *Pseudocytisus integrifolius* et 17±1,63 individus émergés pour *Nepeta nepetella*.

En effet *Nepeta nepetella* est la plus active sur l'émergence avec une réduction de 50% des adultes émergés de *Callosobruchus maculatus* dès la plus faible dose.

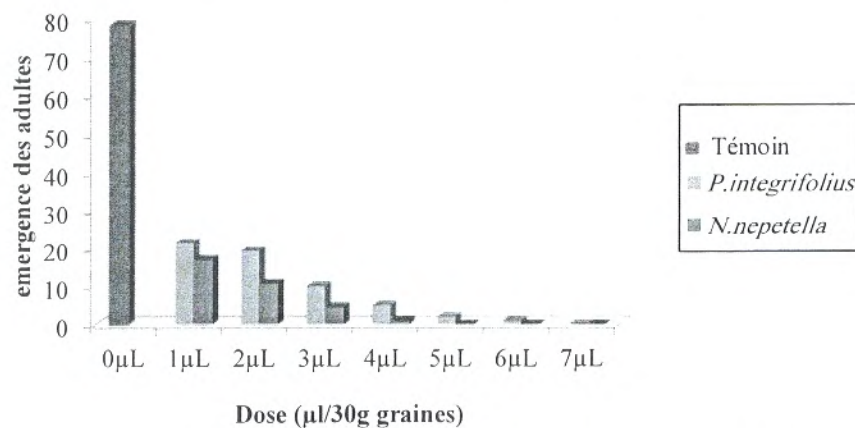


Figure 69 : Nombre moyen d'émergence des adultes de *Callosobruchus maculatus* selon les différentes doses et le type d'huile utilisé

Selon le facteur dose, l'étude statistique montre une variation hautement significative entre les moyennes de l'émergence des adultes avec $F= 300,82$ pour $P= 3,87 \times 10^{-8}$

Selon le facteur huile il existe une différence significative avec $F=8,98$ pour un $P= 0,02$

b) Sur *Acanthoscelides obtectus*

Les résultats obtenus dans nos essais montrent que la moyenne d'émergence des adultes dans les lots témoin est de 54 ± 1 , cette moyenne diminue proportionnellement avec l'accroissement des doses pour atteindre une moyenne de $19 \pm 2,64$ et $10,66 \pm 2,08$ à la faible dose des huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* respectivement.

Les huiles essentielles du *Nepeta nepetella* sont les plus favorables contre l'émergence des adultes d'*Acanthoscelides obtectus*.

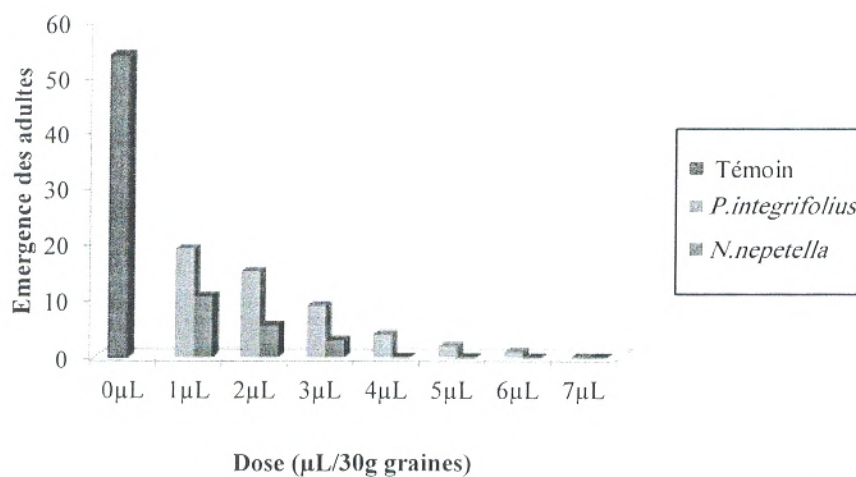


Figure 70 : Nombre moyen d'émergence des adultes d' *Acanthoscelides obtectus* selon les différentes doses et le type d'huile utilisé

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente une variation hautement significative pour le facteur dose avec $F=93,48$ et $P= 2,22 \times 10^{-6}$

Selon le facteur huile, une différence significative avec $F= 8,48$ et $P= 0,02$

c) Sur *Sitophilus granarius*

Les résultats obtenus montrent que l'émergence des charançons dans les lots témoins est en moyenne de 30 ± 2 individus. Elle diminue ensuite au fur et à mesure que l'on augmente la dose des huiles essentielles des deux plantes étudiées, pour atteindre une moyenne de 15 ± 2 et $10 \pm 1,73$ individus émergés à la dose la plus faible dose ($1 \mu\text{L}/ 30\text{g grains}$) en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* respectivement. L'huile de *Nepeta nepetella* a le plus grand effet sur l'émergence des adultes de *Sitophilus granarius*.

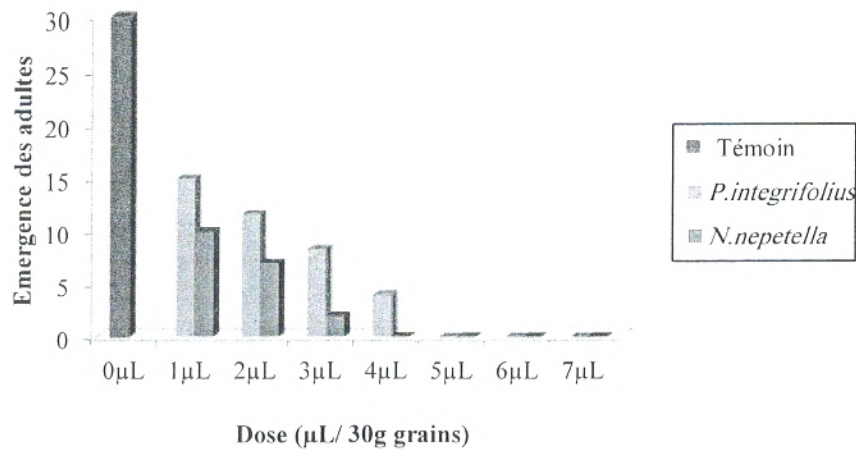


Figure 71 : Nombre moyen d'émergence des adultes de *Sitophilus granarius* selon les différentes doses et le type d'huile utilisé

Selon le facteur dose, l'analyse de la variance à deux critères de classification confirme une différence très significative entre les moyennes de l'émergence avec $F=55,94$ et $P=1,29.10^{-5}$. Selon le facteur huile essentielle, nous notons une différence significative avec $F=6,61$ et $P=0,03$.

d) Sur *Rhyzopertha dominica*

Les résultats présentés dans la figure 72 montrent que la moyenne des individus émergés est réduite dès la plus faible dose : elle est de $52 \pm 2,64$ individus dans les échantillons témoins et passe ensuite à une moyenne de $30 \pm 0,81$ et $19 \pm 3,6$ individus pour les huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* respectivement à la plus faible dose. Les huiles essentielles des deux plantes affectent l'émergence de *Rhyzopertha dominica*, notamment avec l'huile de *Nepeta nepetella* qui la réduit à 0 individus à $5 \mu\text{L}/30\text{g grains}$.

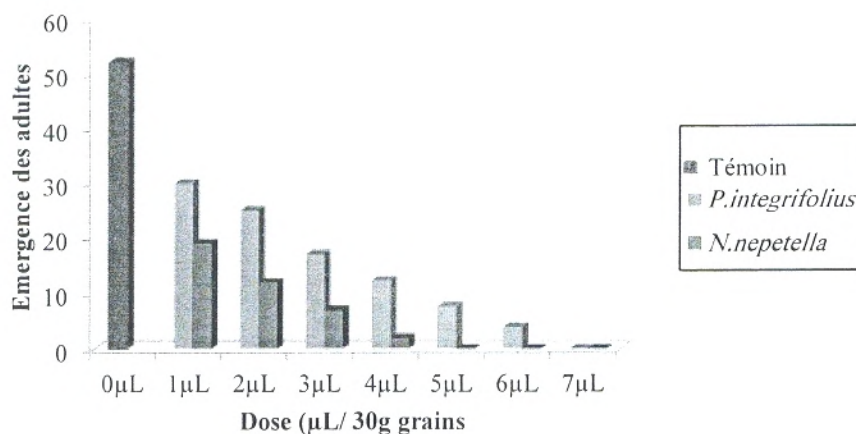


Figure 72 : Nombre moyen d'émergence des adultes de *Rhyzopertha dominica* selon les différentes doses et le type d'huile utilisé

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre une différence significative pour le facteur dose avec $F=45,91$ pour $P=2,52.10^{-5}$.

Pour le facteur huile essentielle une différence entre les moyenne de l'émergence des adultes avec $F=15,27$ pour $P=0,005$.

e) Sur *Tribolium castaneum*

D'après les résultats obtenus, l'émergence dans les lots témoins est en moyenne de 128 ± 2 individus émergés, elle diminue de façon progressive avec l'augmentation de dose en huiles essentielles des deux plantes.

L'huile essentielle de *Pseudocytisus integrifolius* réduit le nombre des adultes émergés à $4 \pm 1,73$ individus et s'annule pour l'huile de *Nepeta nepetella* à la dose $5 \mu\text{L}/30\text{g}$ semoule.

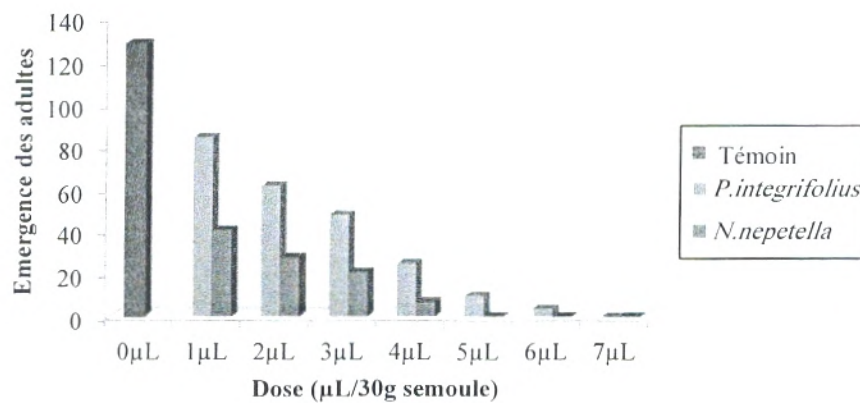


Figure 73 : Nombre moyen d'émergence des adultes de *Tribolium castaneum* selon les différentes doses et le type d'huile utilisé

L'analyse de la variance à deux critères de classification marque une différence significative pour le facteur dose avec $F= 27,33$ et $P= 0,0001$ et une différence significative pour le facteur huile avec $F= 8,58$ et $P=0,02$.

Discussion

Les traitements effectués avec les huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* réduisent nettement le taux d'émergence. On remarque que pour l'huile de *Nepeta nepetella* le taux d'émergence de *Callosobruchus maculatus*, *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum* s'annule à partir de la dose $5 \mu\text{L}/30\text{g}$ (grains/semoule) et d'*Acanthoscelides obtectus* et *Sitophilus granarius* à la dose de $4 \mu\text{L}/30\text{g}$ grains.

DE LUCA (1979) rapporte (deux) 2 formes d'action des huiles végétales qui se traduisent soit par une destruction des larves dans les œufs soit par une augmentation de la mortalité

imaginale suite à la création d'un film asphyxiant sur la cuticule avec obstruction des orifices respiratoires.

Divers auteurs ont émis des hypothèses pour tenter d'expliquer le mode d'action des huiles végétales sur les insectes des denrées stockées. Parmi celles-ci, quatre peuvent être retenues. La première et la plus souvent émise (**DON-PEDRO, 1989**) est l'asphyxie de l'œuf suite à l'occlusion du micropyle de ce dernier. Cette hypothèse permet d'expliquer l'utilisation quasi exclusive des huiles végétales contre les bruches du genre *Callosobruchus* (**VAN HUIS, 1991**). Cette spécificité pourrait être en relation avec la structure de l'œuf, notamment à la présence ou non d'un micropyle suivant le genre considéré (**CREDLAND, 1992**). Le micropyle étant présent chez les bruches du genre *Callosobruchus* et pas chez celles du genre *Caryedon*, on peut expliquer par cette première hypothèse l'effet ovicide de l'huile de *C. occidentalis* sur *Callosobruchus maculatus*, alors que dans les mêmes conditions, elle n'a aucun effet toxique sur les œufs de *Caryedon pallidus* (**LIENARD, 1992**).

La seconde hypothèse explique le mode d'action des huiles végétales par une réduction de l'adhérence des œufs sur les graines. La larve de premier stade alors incapable de prendre appui pour pénétrer dans la graine, meurt de faim à l'intérieur de l'œuf. Nos observations concordent avec cette hypothèse.

La troisième hypothèse émise sur le mode d'action des huiles végétales avance la toxicité de certains de leurs constituants sur un ou plusieurs stades de développement des insectes.

Quant à la quatrième et dernière hypothèse, elle explique l'action des huiles par la toxicité de certains de leurs acides gras. Ainsi, les acides oléique et linoléique ont une action ovicide sur *Callosobruchus maculatus* (**DON-PEDRO, 1990**). Malheureusement, la nature physique ou chimique de cette action reste encore inexpliquée.

Nos résultats sont proches de ceux obtenus par **REGNAULT-ROGER & HAMRAOUI (1995)**, qui ont noté un effet toxique des monoterpènes sur la bruche *Acanthoscelides obtectus*. Celle-ci est plus sensible au linalool, le carvacrol, l'eugénol, le thymol et le terpinéol et affectent considérablement l'émergence des adultes d'*Acanthoscelides obtectus*.

AIBOUD (2011), montre que les huiles essentielles du myrthe, thym, l'origan, l'eucalyptus, le bois d'indé et les clous de girofle exercent une activité larvicide très hautement significative proportionnellement à l'augmentation de la dose sur l'émergence des adultes de niébé *Callosobruchus maclatus*.

Selon **KELLOUCHE et al. (2010)**, aucun adulte n'a émergé des graines traitées avec les huiles essentielles de cannelle, de niaouli, de salvia avec la concentration de 10 µL. à la dose 20µL, aucune émergence n'a été observée pour toutes les huiles testées.

Conclusion

Les deux huiles essentielles en un effet insecticide par contact sur les adultes de *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et adultes et larves de *Tribolium castaneum* la fécondité des femelles et l'émergence des adultes,

Les deux huiles testées ont révélé une activité biologique très intéressante sur les adultes de *Rhyzopertha dominica* et les larves de *Tribolium castaneum*.

La comparaison de la toxicité des huiles essentielles par contact sur les cinq insectes nous permet de conclure que l'huile essentielle de *Nepeta nepetella* est la plus toxique sur les différents paramètres biologiques étudiés.

Les huiles essentielles testées réduisent le nombre d'œufs pondus par femelle des différents insectes étudiés. Le nombre des œufs pondus diminue considérablement au fur et à mesure qu'on augmente la dose en huiles essentielles.

Les traitements effectués avec les huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* réduisent nettement le taux d'émergence.

3.3. Traitement par inhalation

3.3.1. Effet insecticide des huiles essentielles sur les insectes

a) Sur la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus*

a.1 *Pseudocytisus integrifolius*

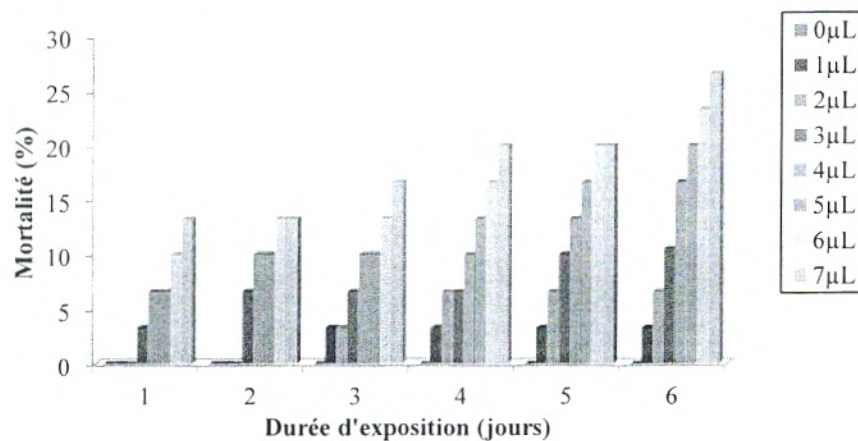


Figure 74 : Evolution de la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*

L'analyse de la variance à deux critères de classification marque une différence très significative entre les taux de mortalité, selon les doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* avec $F=61,64$ pour $P=8,40.10^{-18}$ et une variation significative selon le facteur durée d'exposition avec $F=17,43$ pour $P=1,19.10^{-8}$

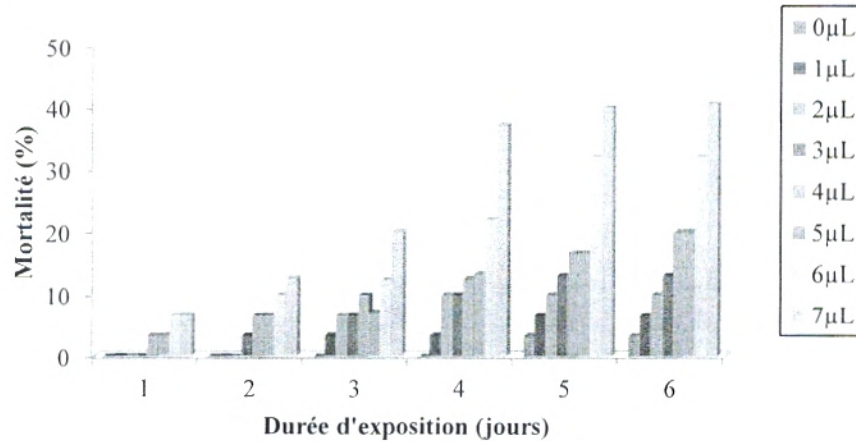
a.2 *Nepeta nepetella*

Figure 75 : Evolution de la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Nepeta nepetella*

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente une variation significative selon le facteur dose en huiles essentielles de *Nepeta nepetella* avec $F=19,53$ pour $P=2,64.10^{-10}$

Selon le facteur durée d'exposition montre une différence significative entre les taux de mortalité avec $F=15,89$ pour $P=3,60.10^{-8}$

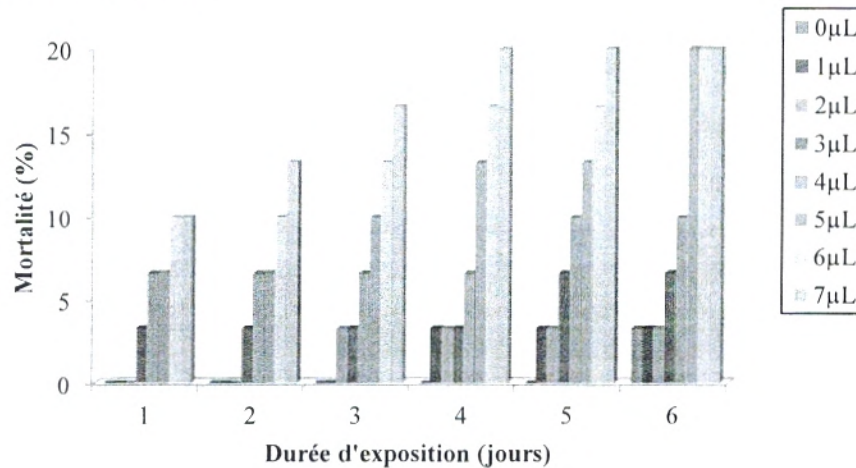
b) Sur la mortalité d'*Acanthoscelides obtectus*b.1 *Pseudocytisus integrifolius*

Figure 76 : Evolution de la mortalité des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente une différence très significative selon le facteur dose en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* avec $F=62,55$ pour $P=6,65.10^{-18}$

Selon le facteur durée d'exposition, montre une différence entre les taux de mortalité des bruches avec $F=13,02$ pour $P=3,42.10^{-7}$

b.2 *Nepeta nepetella*

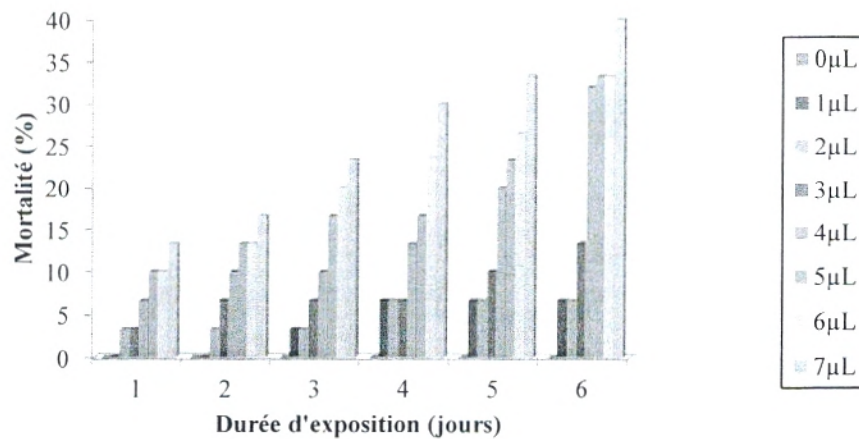


Figure 77 : Evolution de la mortalité des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Nepeta nepetella*

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente une différence significative selon les doses en huile essentielles extraites de *Nepeta nepetella* avec $F=29,52$ pour $P=6,96.10^{-13}$ et selon le facteur durée d'exposition, avec $F=13,14$ pour $P=3,09 \times 10^{-7}$

c) Sur la mortalité de *Sitophilus granarius*

c.1 *Pseudocytisus integrifolius*

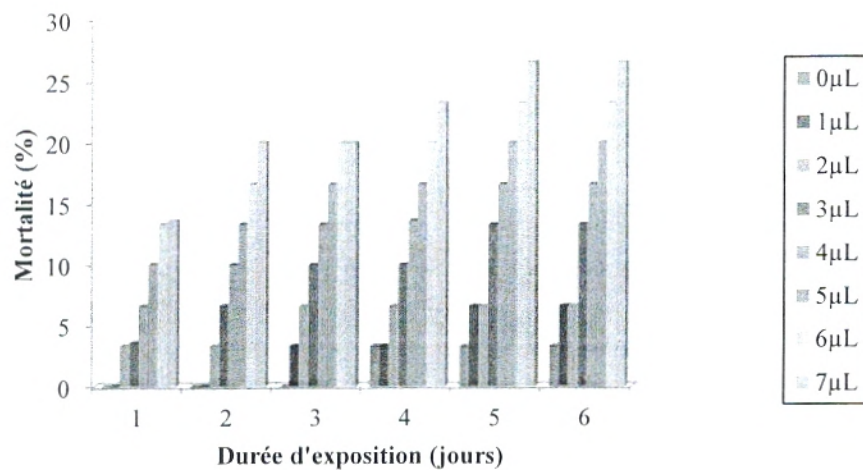


Figure 78 : Evolution de la mortalité des adultes de *Sitophilus granarius* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une variation hautement significative, selon le facteur dose en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* avec $F=163,14$ pour $P=7,86.10^{-25}$

Selon le facteur durée d'exposition montre une variation significative entre les taux de mortalité avec $F= 41,46$ pour $P=9,64.10^{-14}$

c.2 *Nepeta nepetella*

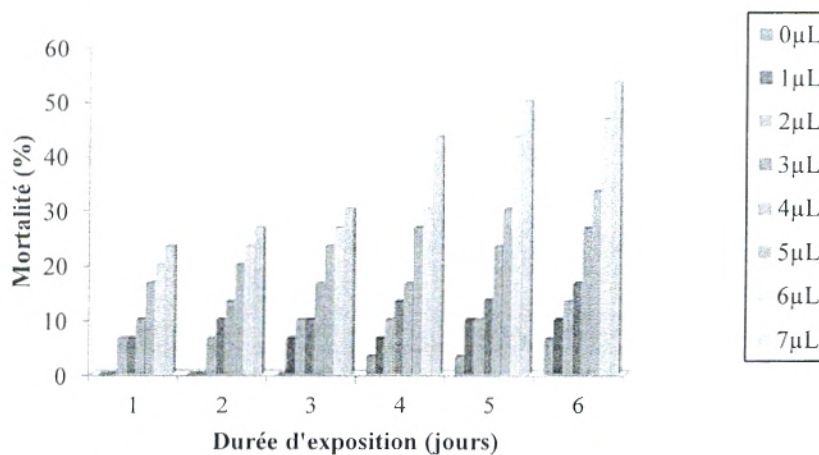


Figure 79: Evolution de la mortalité des adultes de *Sitophilus granarius* en fonction de temps et des doses en huiles essentielles de *Nepeta nepetella*

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre une variation significative selon les doses en huiles essentielles de *Nepeta nepetella* avec $P=49,88$ avec $P=2,41.10^{-16}$ et selon le facteur durée d'exposition avec $F=13,66$ avec $P=2,02.10^{-7}$

d) Sur la mortalité de *Rhyzopertha dominica*

d.1 *Pseudocytisus integrifolius*

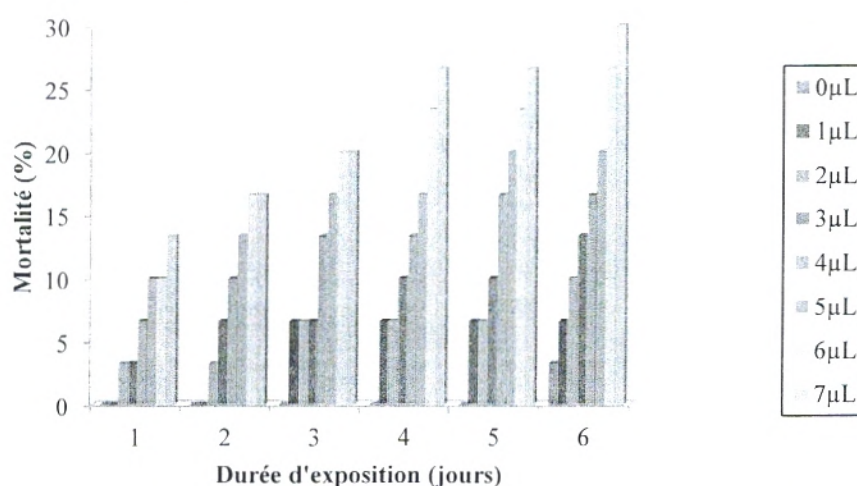


Figure 80: Evolution de la mortalité des adultes de *Rhyzopertha dominica* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente une variation significative selon les doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* avec $F=77,20$ pour $P=2,21 \times 10^{-19}$

Selon la durée d'exposition, montre une différence hautement significative avec $F=23,32$ pour $P=3,03 \cdot 10^{-10}$

d.2 *Nepeta nepetella*

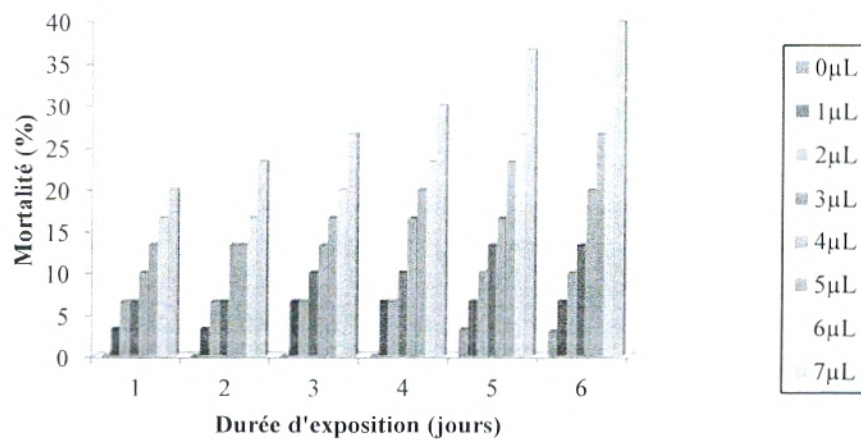


Figure 81: Evolution de la mortalité des adultes de *Rhyzopertha dominica* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Nepeta nepetella*

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente une variation significative entre les taux de mortalité selon les doses en huiles essentielles de *Nepeta nepetella*, avec $F=68,78$ pour $P=3,27 \cdot 10^{-20}$

Selon la durée d'exposition, révèle une différence avec $F=17,14$ pour $P=1,47 \cdot 10^{-8}$

e) Sur la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum*

e.1 *Pseudocytisus integrifolius*

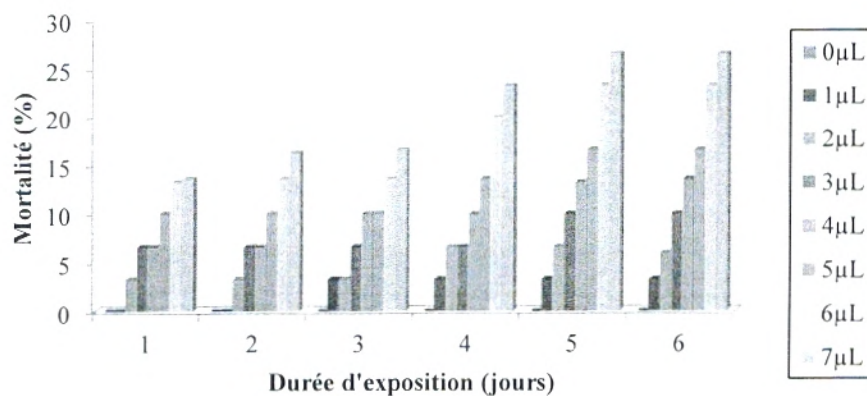


Figure 82 : Evolution de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente une différence significative entre les taux de mortalité selon les dose en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*, avec $F=73,56$ avec $P=4,86 \times 10^{-19}$

Selon le facteur durée d'exposition, marque une différence entre les taux de mortalité avec $F=12,85$ avec $P= 3,96 \times 10^{-7}$

e.2 *Nepeta nepetella*

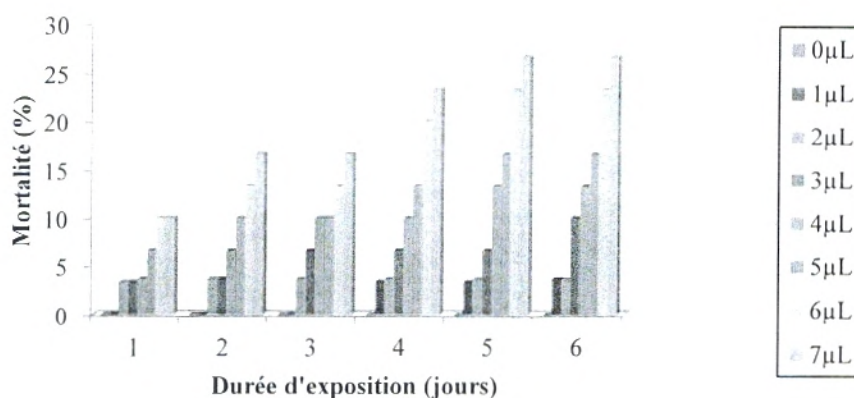


Figure 83: Evolution de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Nepeta nepetella*

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une variation hautement significative entre les taux de mortalité, selon les doses en huiles essentielles de *Nepeta nepetella* avec $F=47,81$ pour $P=4,68 \times 10^{-16}$

Selon la durée d'exposition, marque une différence entre les taux de mortalité avec $F=10,72$ pour $P=2,64 \times 10^{-6}$

f) Sur la mortalité des larves de *Tribolium castaneum*

f.1. *Pseudocytisus integrifolius*

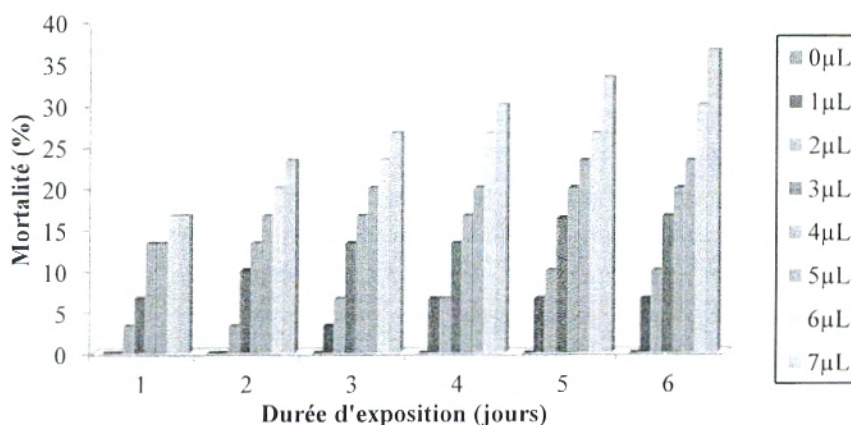


Figure 84 : Evolution de la mortalité des larves de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius*

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente une variation hautement significative entre les taux de mortalité selon les doses en huiles essentielles extraites de *Pseudocytisus integrifolius* avec $F=121,69$ pour $P= 1,20 \times 10^{-22}$

Selon la durée d'exposition, marque une variation entre les taux de mortalité avec $F= 21,20$ pour $P= 1,04.10^{-9}$

f.2. *Nepeta nepetella*

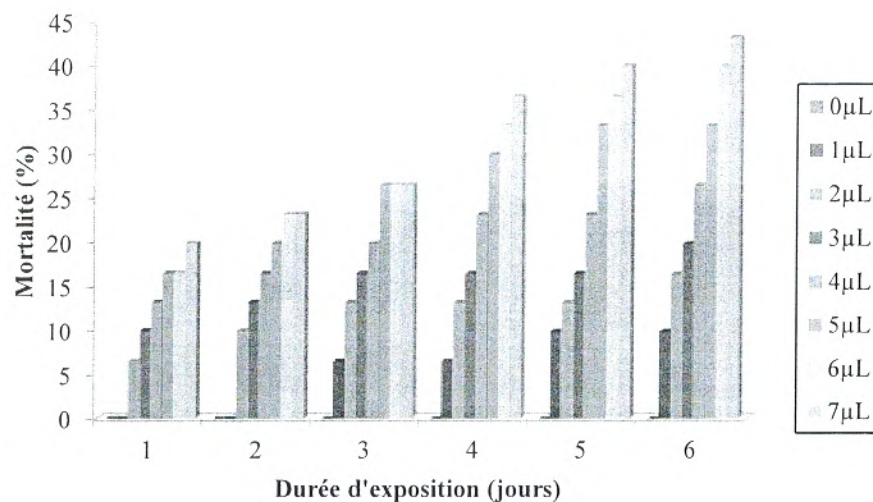


Figure 85: Evolution de la mortalité des larves de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses en huiles essentielles de *Nepeta nepetella*

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente une variation significative entre les taux de mortalité selon le facteur dose en huiles essentielles de *Nepeta nepetella* avec $F= 69,48$ pour $P= 1,22.10^{-18}$

Selon le facteur durée d'exposition, montre une différence entre les taux de mortalité des larves avec $F=18,43$ pour $P=6.08.10^{-9}$

3.3.2. Comparaison de la toxicité des huiles essentielles sur les insectes étudiés

La transformation des pourcentage de la mortalité des insectes étudiés après deux jours d'exposition en probit et la régression de ces données en fonction du logarithme de la dose en huiles essentielles a permis d'obtenir les équations et les DL_{50} suivant

a) *Pseudocytisus integrifolius*

Callosobruchus maculatus, $Y=-0,2135+5,478X$ ($R^2= 78,8\%$) $DL_{50}=8,92\mu L/30$ graines

Acanthoscelides obtectus, $Y=-0,3007+5,354X$ ($R^2= 83,3\%$) $DL_{50}= 9,79 \mu L/30$ graines

Sitophilus granarius, $Y=0,8406+4,449X$ ($R^2= 83,1\%$) $DL_{50}= 8,59 \mu L/30$ grains

Rhyzopertha dominica, $Y=0,8685+4,350X$ ($R^2=81,4\%$) $DL_{50}= 8,89 \mu L/30$ grains

Tribolium castaneum (adultes), $Y=0,8649+4,211X$ ($R^2=80,4\%$) $DL_{50}=9,59\mu\text{L}/30\text{g}$ semoule

Tribolium castaneum (larves), $Y=0,8689+4,609X$ ($R^2=82,9\%$) $DL_{50}=7,88\mu\text{L}/30\text{g}$ semoule

b) *Nepeta nepetella*

Callosobruchus maculatus, $Y=-0,3007+5,354X$ ($R^2=83,3\%$) $DL_{50}=9,79\mu\text{L}/30\text{graines}$

Acanthoscelides obtectus, $Y=0,8764+4,308X$ ($R^2=80,8\%$) $DL_{50}=9,05\mu\text{L}/30\text{graines}$

Sitophilus granarius, $Y=0,9575+4,628X$ ($R^2=80,3\%$) $DL_{50}=7,46\mu\text{L}/30\text{g}$ grains

Rhyzopertha dominica, $Y=0,8435+4,525X$ ($R^2=83,3\%$) $DL_{50}=8,27\mu\text{L}/30\text{g}$ grains

Tribolium castaneum (adultes), $Y=0,8042+4,231X$ ($R^2=82,1\%$) $DL_{50}=9,79\mu\text{L}/30\text{g}$ semoule

Tribolium castaneum (larves), $Y=1,115+4,451X$ ($R^2=73,6\%$) $DL_{50}=7,45\mu\text{L}/30\text{g}$ semoule

Tableau 27: comparaison entre l'effet des huiles essentielles des deux plantes

Huiles	<i>Pseudocytisus integrifolius</i>	<i>Nepeta nepetella</i>
Espèces testées		
<i>Callosobruchus maculatus</i>	$DL_{50}=8,92\mu\text{L}$	$DL_{50}=9,79\mu\text{L}$
<i>Acanthoscelides obtectus</i>	$DL_{50}=9,79\mu\text{L}$	$DL_{50}=9,05\mu\text{L}$
<i>Sitophilus granarius</i>	$DL_{50}=8,59\mu\text{L}$	$DL_{50}=7,46\mu\text{L}$
<i>Rhyzopertha dominica</i>	$DL_{50}=8,89\mu\text{L}$	$DL_{50}=8,27\mu\text{L}$
<i>Tribolium castaneum</i> (adultes)	$DL_{50}=9,59\mu\text{L}$	$DL_{50}=9,79\mu\text{L}$
<i>Tribolium castaneum</i> (larves)	$DL_{50}=7,88\mu\text{L}$	$DL_{50}=7,45\mu\text{L}$

Les résultats obtenus montrent nettement que les deux huiles essentielles testées ont révélé un effet significatif sur la mortalité des adultes des insectes étudiés.

L'huile essentielle de *Pseudocytisus integrifolius* à un faible effet insecticide sur les insectes étudiés. En effet avec la forte dose ($7\mu\text{L}/30\text{g}$ grains), nous avons enregistré une mortalité de 26,6%, 20%, 26,6%, 30%, 26,6% et 36,6% chez *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica*, les adultes de *Tribolium castaneum* et les larves de *Tribolium* respectivement. Nous constatons que l'huile essentielle de *Nepeta* est plus efficace sur *Sitophilus granarius* avec un taux de mortalité de 53,3% suivi de *Callosobruchus maculatus* 40,6%, *Acanthoscelides obtectus* et *Rhyzopertha dominica* 40% puis les adultes de *Tribolium castaneum* 26,6 %, pour la même dose le dernier jour d'exposition

Les larves de *Tribolium* sont sensibles à *Nepeta nepetella* avec une mortalité de 43,3%

L'examen des valeurs des DL_{50} après deux jours d'exposition nous permet de déduire que les huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* représentent une toxicité

peu variable chez *Callosobruchus maculatus* avec DL₅₀ de 8,92µL et 9,79µL, chez *Acanthoscelides obtectus* avec DL₅₀ de 9,79µL et 9,05 µL, chez *Rhyzopertha dominica* avec DL₅₀ de 8,89 µL et 8,27 µL et chez les adultes de *Tribolium castaneum* avec DL₅₀ de 9,59µL et 9,79 µL respectivement.

Les huiles essentielles extraites de *Nepeta nepetella* sont plus toxiques sur les larves de *Tribolium castaneum* avec DL₅₀ de 7,45 µL et les adultes de *Sitophilus granarius* avec DL₅₀ de 7,46 µL.

Les huiles de *Pseudocytisus integrifolius* sont moins toxiques sur les larves de *Tribolium* avec DL₅₀ de 7,88 µL et de 8,59 µL chez les adultes de *Sitophilus granarius*.

L'analyse de la variance est fondée sur deux facteurs (huile et dose) et une variable (la mortalité), confirme nos résultats, ce qui explique que les deux huiles sont d'une efficacité hautement significative. On remarque que les larves de *Tribolium castaneum* sont beaucoup moins résistantes aux huiles essentielles que les adultes

Pour tous les produits testés, la relation entre la mortalité et les doses est proportionnelle.

Discussion

Les tests ont mis en évidence l'effet par inhalation des huiles essentielles utilisées sur *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius*, les adultes et les larves de *Tribolium castaneum* à différentes doses.

Dans cette étude, les deux huiles essentielles testées ont révélé une activité insecticide à l'égard des ravageurs des denrées stockées. A faible concentration les huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* ont eu un effet sur la survie des insectes étudiés, qui devient plus intéressant aux fortes concentrations. Quant au charançon de blé (*Sitophilus granarius*), l'huile essentielle de *Nepeta nepetella* a montré une activité insecticide intéressante aux fortes concentrations. Cependant, à faible concentration elle a une faible toxicité vis-à-vis des adultes de l'ensemble des insectes étudiés. L'huile essentielle de *Pseudocytisus integrifolius* a révélé une faible activité insecticide à l'égard de *C.maclatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*. Toutefois, l'huile essentielle *Nepeta nepetella* produit une mortalité assez significative à la plus grande concentration sur les larves de *Tribolium castaneum*, ce qui nous amène à penser qu'une éventuelle activité insecticide intéressante est possible si on augmente la concentration.

D'après ces résultats nous pouvons conclure que les huiles essentielles sont moins toxiques par inhalation par rapport au traitement par contact sur les ravageurs des denrées stockées.

Selon **KONATÉ (2004)**, la faible toxicité de l'huile essentielle de *L.chevetieri* vis-à-vis de *S. zeamais* pourrait s'expliquer par une tolérance de cette espèce à l'égard de cette huile essentielle qui serait constituée de thymol, carvacrol, acétate de tymile, P-cymène. Une analyse chimique de l'huile essentielle testée pourrait confirmer cette hypothèse. Ce phénomène de tolérance vis-à-vis des molécules actives des plantes insecticides a été mis en évidence par des auteurs comme **PAUL et al. (2009)** en fournissant plusieurs exemples de plantes avec une efficacité différente entre les feuilles entières ou réduites en poudre et les graines dans le contrôle de *Callosobruchus maculatus* et *Zabrotes subfasciatus*. Les molécules actives des plantes insecticides peuvent varier d'une famille à une autre, à l'intérieur d'une famille et la sensibilité peut différer d'une espèce à une autre et à l'intérieur d'une espèce (**GUEYE et al., 2011**). Ce qui peut expliquer les différences de sensibilité obtenus sur adultes et larves de *Tribolium castaneum* à l'égard de ces deux huiles essentielles.

FRENCH (1985) souligne que ce sont les propriétés comme la volatilité, la nature éphémère et la biodégradation qui constituent les avantages d'une utilisation des huiles essentielles comme pesticides

Selon **KOUNINKI et al. (2007)**, les huiles essentielles de *Callistemon viminalis* G Don, *Xylopi aethiopica* Dunal et *Lippia chevalieri* Moldenke contiennent majoritairement des monoterpènes hydrocarbonés tel que le α -pinène dont les propriétés insecticides ont déjà été démontrées vis-à-vis du *S.zeamais* et monoterpènes oxygénés comme le 1,8-cinéole (eucalyptol), le linalool, l'eugénol et le cymol dont les propriétés insecticides ont été également déjà démontrées vis-à-vis de plusieurs insectes, entre autres *Tribolium confusum*, *Tribolium castaneum*, *Sitophilus zeamais*, *Prostephanus truncatus*, *Rhyzoperta dominica* et *Callosobruchus maculatus* (**REGNAULT-ROGER & HAMRAOUI, 1995 ; OBENG-OFORI et al., 1997 ; PRATES et al., 1998**).

Il serait difficile de penser que l'activité insecticide de ces huiles essentielles se limite uniquement à certains de ses constituants majoritaires; elle pourrait aussi être due à certains constituants minoritaires ou à un effet synergique de plusieurs constituants (**NDOMO et al., 2009**).

Les composés chimiques responsables des actions sur les ravageurs de stock sont les monoterpènes (1-8 cinéole, l'eugenol, le camphor présents dans les huiles essentielles de *O. gratissimum* et *X. aethiopica*) à effet insecticide sur la survie de *Callosobruchus maculatus* ou *S. zeamais* (**KOUNINKI et al., 2005**) ou des alcaloïdes à effet inhibiteur du développement

larvaire des ravageurs comme *T. castananeum* (NGAMO et al., 2001). Les recherches menées dans le but d'étudier l'effet insecticide de certaines plantes sur de nombreux insectes d'importance économique ont révélé des effets destructeurs et inhibiteurs de la croissance (effet par contact, par ingestion et par inhalation) et des effets répulsifs. Ces études ont été réalisées sur des plantes fréquemment utilisées localement par les paysans comme épice, condiment ou en médecine traditionnelle.

D'après KEÏTA et al. (2000) à la dose de 25µL, 80% de mortalité ont été enregistrés pour *O.basilicum* et 70% pour *O.gratissimum*, après 12heures d'inhalation des bruches adultes

Les extraits de *Ocimum basilicum* (Lamiaceae) obtenus par hydrodistillation causent jusqu'à 80% de mortalité de *Callosobruchus maculatus* lorsque les huiles sont utilisées en fumigation.

Sur *Rhyzopertha dominica* des essais sur l'efficacité des huiles essentielles de romarin et de thym, par contact et par inhalation, ont encore prouvé l'effet insecticide de ces deux huiles. En effet, le romarin s'est montré efficace par contact à la dose de 1,384 mg/cm² en provoquant 89.72% de mortalité alors que le thym à la même dose donna un taux de 100% (EL GUEDOUI, 2003).

YAHYAOUÏ (2005) a réalisé des tests sur l'efficacité par inhalation et contact des huiles essentielles de la menthe verte sur *Rhyzopertha dominica* et *T.confusum*, à la dose de 3,12 %. L'huile essentielle de la menthe verte agit pratiquement de la même manière sur *Rhyzopertha dominica* et sur *Tribolium confusum* et a provoqué 100% de mortalité.

PIERRE (2004) a rapporté aussi que l'huile essentielle isolée d'*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. au Japon a un effet répulsif chez les moustiques. Selon l'auteur, l'huile d'*Acorus camalamus* Var. est également utilisée pour protéger le maïs contre *Prostephanus truncatus* Hom. De plus les vapeurs d'huile essentielle de *Seseli indicum* L. protègent les graines de pois contre les insectes ravageurs. Il a vaporisé 30 ml d'huile de Lemongrass ou *Cymbopogon citratus* Stapf et d' *E. camaldulemis* sur 20 charançons placés séparément dans des boîtes de Pétri et a obtenu 86, 95 et 83% de mortalité chez les charançons. Cinq millilitres de citronnelle provoquent la mortalité de 100% des charançons après 30 minutes de contact, alors qu'il faut 40 ml de lemongrass et d'*E. camaldulemis* pour le même résultat. Ces travaux ont montré que les huiles essentielles de ces plantes sont biologiquement actives contre les termites et les charançons par contact direct ou par vaporisation, à l'échelle du laboratoire et sur le terrain (dans le cas des termites).

KEÏTA et al., (2001) et KEÏTA et al. (2000), ont effectué des travaux sur l'évaluation des effets insecticides et l'analyse des composés chimiques de *Thuja occidentalis* L. d'*Ocimum*

basilicum L., d'*O.gratissimum* L., et d'*O.suave* L. L'huile de *Thuja occidentalis* L. a été analysée par chromatographie en phase gazeuse et les résultats obtenus ont montré la présence de 22 composés, dont les principaux étaient: α -thujone (49,64%), fenchone (14,06%) et β -thujone (8,98%). Pour les huiles d'*Ocimum basilicum*, d'*O. gratissimum* et d'*O. suave* les analyses ont été effectuées par CG et CG/SM donnant les constituants comme: linalol (69%), eugénol (10%), t- α -bergamotène (3%) et thymol (2%) pour *O.basilicum*; thymol (46%), p-cymène (12%) et γ -terpène + t-sabinène hydrate (17%) pour *O.gratissimum*; et p-cymène (59%), α -thujène (10%), myrcène (7%) et thymol (7%) pour *O.suave*. Les évaluations effectuées sur ces huiles par fumigation et avec la poudre de kaolin pure aromatisé appliquées sur les adultes et les œufs des bruches du niébé ont montré des activités insecticides sur les mâles, les femelles et les œufs.

L'ajout d'échantillons de plantes vertes dans les caveaux de riz et de grains est une pratique courante des peuples africains pour chasser les insectes et les rongeurs des denrées stockées (WEAVER *et al.*, 1991). La fumigation au moyen des huiles essentielles a été étudiée avec le charançon du riz *Sitophilus oryzae* (L.), des coléoptères des grains dont le bruchidae, *Callosobruchus chinensis* (L.). Les résultats montrent que les effets toxiques dépendent de l'espèce d'insecte, de la plante et du temps d'exposition à l'huile essentielle (KIM *et al.*, 2003). À un taux de diffusion de 3,5 mg/cm², l'activité insecticide a été déterminée pour les extraits de l'écorce de l'huile de cannelle (*Cinnamomum cassia*), du raifort (*Cocholeria aroracia*) et de l'huile de moutarde (*Brassica juncea*) (KIM *et al.*, 2003). Les huiles d'origan, de basilic, de marjolaine, de thym, de sauge, de laurier, de romarin, de lavande, d'anis, de menthe, de céleri, de cumin, d'agrumes, de coriandre et de fenouil ont été testées et plusieurs ont causé jusqu'à 100 % de mortalité chez le petit perceur des céréales, *Rhysopertha dominica* (F.), le cucujide dentelé des grains, *Oryzaephilus surinamensis* (L.), le tribolium rouge de la farine, *Tribolium castaneum* (Hbst.) et le charançon du riz à un taux de diffusion de 10 à 15 μ L/L d'air (SHAYA *et al.*, 1991). Vingt-deux composés, dont surtout l'alpha-terpinéol (CL50 de 4,05 μ L/L) se sont avérés toxiques pour *Callosobruchus maculatus*, *Sitophilus zeamais* et *Dermestes maculatus*. Sur une sélection de 30 composés extraits d'agrumes (DON- PEDRO 1996). REGNAULT-ROGER & HAMRAOUI (1995) ont observé un effet toxique de monoterpènes (le linalool étant le plus toxique et l'estragole étant le moins) par fumigation avec la bruche du haricot, *Acanthoscelides obtectus* (Say). Le matériel végétal broyé et l'huile essentielle d'une variété africaine de *Chenopodium ambrosioides* ont réduit de 80 à 100 % les densités des insectes de denrées stockées 24 h après l'application d'une dose de 0,2 μ L/cm² (TAPONDJOU *et al.*, 2002).

3.3.3. Effet des huiles essentielles sur la fécondité des insectes étudiés

a) Sur *Callosobruchus maculatus*

D'après les résultats obtenus (Fig 86), la fécondité dans les lots témoins est en moyenne de $20 \pm 1,73$ œufs par femelle, elle diminue de façon notable et progressive avec l'augmentation de la dose des deux huiles étudiées.

A la plus forte dose, les huiles extraites des deux huiles étudiées réduisent la fécondité à moins de 7 œufs par femelle à $7 \mu\text{L}/30\text{g}$ grains/semoule.

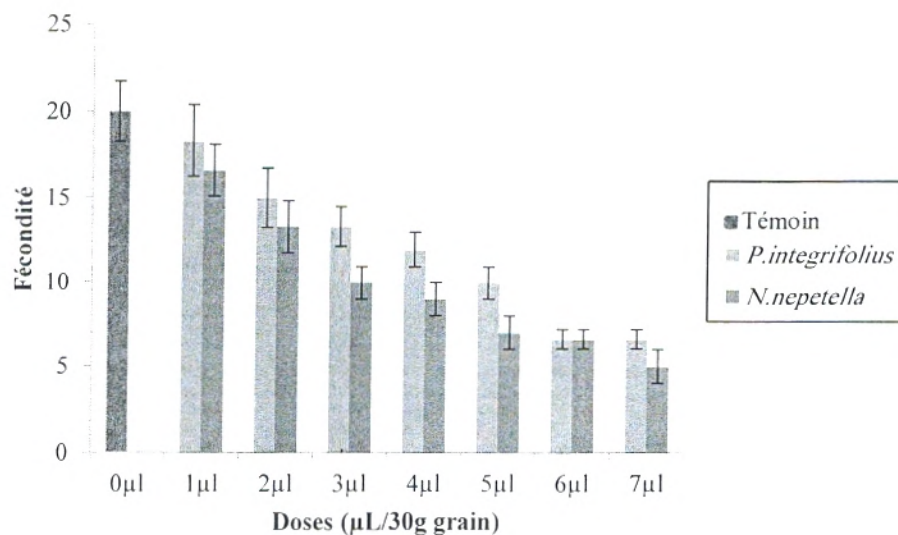


Figure 86: Fécondité moyenne de *Callosobruchus maculatus* selon les différentes doses et le type d'huile essentielle utilisée (moyenne \pm écart-type)

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il y'a une différence très significative pour le facteur dose avec $F= 61,41$ pour $P= 9,39.10^{-6}$

Selon le facteur plante ya une différence significative avec $F= 15,34$ pour $P=0,005$

b) Sur *Acanthoscelides obtectus*

Les résultats obtenus dans nos essais montrent que la fécondité dans les lots témoins est en moyenne de 32 ± 1 œufs par femelle, elle diminue en suite au fur et à mesure que l'on augmente la dose des huiles essentielles des deux plantes.

La diminution de la fécondité est enregistrée dès la plus faible dose utilisé $1 \mu\text{L}/30\text{g}$ graine, à la plus forte dose $7 \mu\text{L}/30\text{g}$ graines elle est de 17 ± 2 et 14 ± 1 , moyenne correspondantes respectivement aux huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella*.

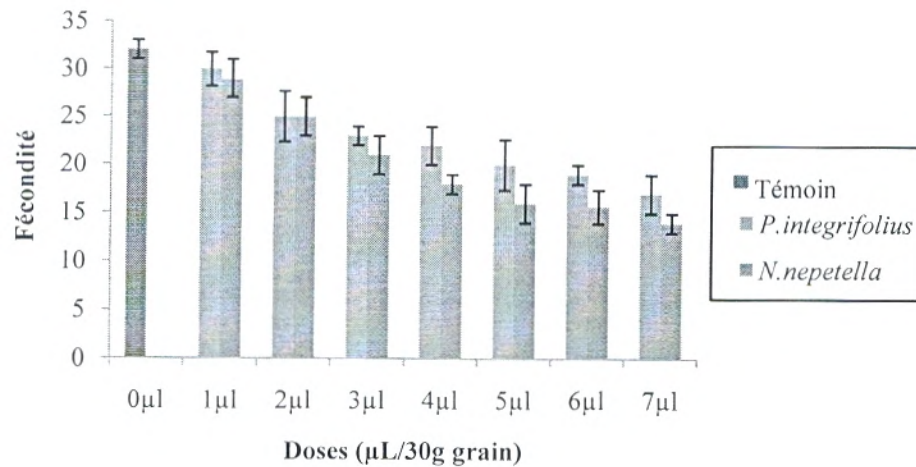


Figure 87: Fécondité moyenne d'*Acanthoscelides obtectus* selon les différentes doses et le type d'huile essentielle utilisée (moyenne±écart-type)

Selon le facteur dose en huiles essentielles, l'étude statistique montre une différence très significative entre les moyennes de la fécondité avec $F= 50,67$ pour $P=1,80.10^{-5}$

Selon le facteur plante, nous notons une différence significative avec $F=13,44$ pour $P=0,008$

c) Sur *Sitophilus granarius*

La fécondité de *Sitophilus granarius* à une température de 28°C et 75% d'humidité relative est en moyenne de 17 ± 1 œufs par femelle sur les grains de blé traité par 1mL d'acétone. Dans les mêmes conditions de laboratoire, la fécondité a diminué en utilisant les huiles essentielles extraites des deux plantes testées (Fig 88). En effet en utilisant la dose la plus élevée en huiles essentielle de *Pseudocytisus integrifolius* (7µL/30g grains) la fécondité des femelles enregistrée est de 5 ± 1 œufs/femelle, alors que pour l'huile essentielle extraite de *Nepeta nepetella* elle est de $3\pm 0,57$ œufs/ femelle.

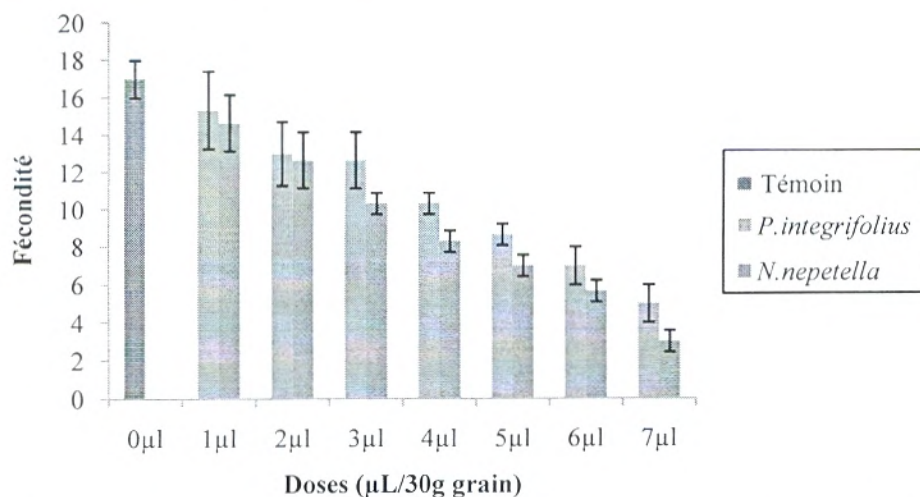


Figure 88: Fécondité moyenne de *Sitophilus granarius* selon les différentes doses et le type d'huile essentielle utilisée (moyenne±écart-type)

Selon le facteur dose en huiles essentielles, l'étude statistique confirme une variation très hautement significative entre les moyennes de la fécondité avec $F=104,94$ pour $F=1,49.10^{-6}$ Selon le facteur l'huile essentielle une différence significative avec $F=18,01$ pour $F=0,003$

d) Sur *Rhyzopertha dominica*

Les résultats obtenus dans nos essais montrent que les deux huiles essentielles affectent d'une façon significative le nombre d'œufs pondus par les femelles de *Rhyzopertha dominica*. La fécondité dans les lots témoins est en moyenne de 20 ± 1 œufs/femelle, elle diminue dans les lots traités.

On utilisant la dose la plus élevé de l'huile extraite de *Nepeta nepetella* la fécondité diminue à la moitié, tandis qu'à la même dose de l'huile essentielle de *Pseudocytisus integrifolius* la fécondité est de $6,6 \pm 0,57$ œufs/femelle.

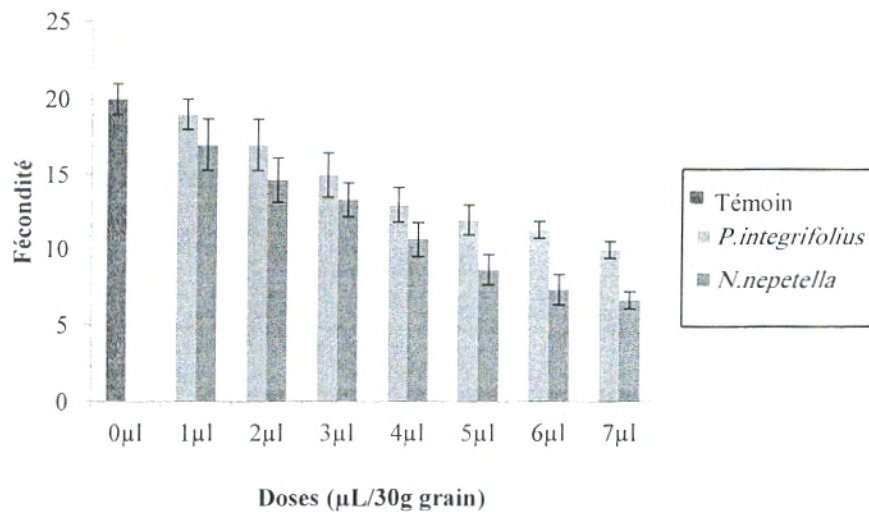


Figure 89: Fécondité moyenne de *Rhyzopertha dominica* selon les différentes doses et le type d'huile essentielle utilisée (moyenne \pm écart-type)

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence très significative pour le facteur dose avec $F=46,49$ pour $P=2,42.10^{-5}$

Pour le facteur huiles essentielles une différence significative entre les moyenne de la fécondité avec $F=29,38$ pour $P=0,0009$

e) Sur *Tribolium castaneum*

Les résultats obtenus dans les lots témoins montrent que la moyenne de la fécondité est de $28 \pm 2,08$ œufs/femelle, elle diminue en suite en fur et à mesure que l'on augmente la dose des huiles utilisées.

Une diminution de la fécondité est enregistrée dès la plus faible dose utilisée $1 \mu\text{L} / 30\text{g}$ semoule.

A la dose 7 μ L/ 30g semoule le taux moyen d'œufs pondus diminue à 18,66 \pm 1,15 œufs/femelle pour l'huile de *Pseudocytisus integrifolius* et 12,33 \pm 1,15 œufs/ femelle pour l'huile de *Nepeta nepetella*.

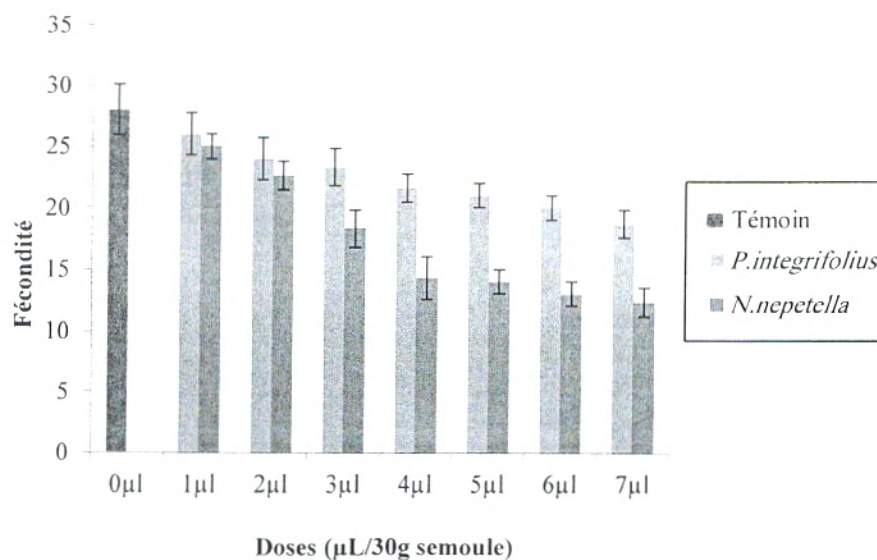


Figure 90: Fécondité moyenne de *Tribolium castaneum* selon les différentes doses et le type d'huile essentielle utilisée (moyenne \pm écart-type)

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente une différence significative pour le facteur dose avec $F=8,83$ pour $P=0,005$

Selon le facteur huiles essentielles une variation entre les moyennes de la fécondité avec $F=16,28$ pour $P=0,004$.

Discussion

Les résultats obtenus montrent que les huiles essentielles extraites des deux plantes étudiées ont révélé un effet significative sur la ponte des œufs par les femelles ravageurs des denrées stockées étudiées au fur et à mesure que les doses augmentent.

Chez *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum* une légère diminution de la fécondité est enregistrée dès la plus faible dose utilisée (1 μ L/ 30g grains/semoule) et diminue au fur et à mesure que l'on augmente la dose des huiles utilisées.

Nos résultats indiquent que l'utilisation des huiles en fumigation pour le contrôle des populations des insectes étudiés est possible, mais l'efficacité des huiles essentielles par inhalation donne des résultats assez faibles par rapport aux résultats du traitement précédent

(contact). Les huiles essentielles sont en majeure partie constituées de matières volatiles et d'après **BOURREL et al., (1995)**, le traitement par contact ne leur est pas applicable.

DE LUCA (1979) rapporte (deux) 2 formes d'action des huiles végétales qui se traduisent soit par une destruction des larves dans les œufs après pénétration à travers les pores du chorion soit par une augmentation de la mortalité imaginale suite à la création d'un film asphyxiant sur la cuticule avec obstruction des orifices respiratoires.

SERI-KOUASSI et al. (2004) ont montré que les huiles essentielles extraites par hydrodistillation de deux plantes aromatiques de l'Afrique occidentale, *Melaleuca quinquenervia* (L) et *O.gratissimum* (L) ont été testées par fumigation à différentes concentrations sur la forme non voilière de *Callosobruchus maculatus* Fab. Ces huiles présentent une activité insecticide et entraînent chez les femelles de *Callosobruchus maculatus* une réduction très significative de la ponte par rapport à celles des lots témoins. L'huile essentielle de *M.quinquenervia* (L), avec une CL50=3,09 µl/l, semble plus efficace que celle de *O.gratissimum* (L).

BERNARD et al. (1989) ont signalé que les composants d'huile essentielle comme le dillapiol extrait d'*Artemisia scoparia* (Asteraceae) agissent sur la chaîne respiratoire en inhibant l'activité des monooxygénases chez *Callosobruchus maculatus*. **DON PEDRO (1989)** explique que l'activité respiratoire des œufs de *Callosobruchus maculatus* est six fois plus faible que celle des larves néoformées. Ceci traduit une faible activité des monooxygénases chez les œufs et donc une plus forte tolérance aux produits qui inhibent ces enzymes. D'après **DUCOM (1996)**, les œufs considérés comme un stade quiescent sont plus tolérants vis-à-vis des insecticides de synthèse.

Les huiles essentielles ont des effets antiappétants, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens. **REGNAULT-ROGER & HAMRAOUI (1995)** ont observé l'effet du linalool, du thymol et du carvacrol sur la fécondité et le nombre d'œufs pondus de bruche du haricot. Il y a eu également inhibition complète de la pénétration des larves dans les grains traités de linalool et de thymol. De plus, ce dernier produit s'est avéré inhibiteur de l'émergence des adultes.

CREDLAND (1992) et **WHIGHTMAN & SOUTHGATE (1982)** ont décrit que le fait que les huiles essentielles testées soient efficaces à la fois sur les adultes, les œufs et les larves fait penser qu'elles agissent par voie respiratoire. Sur les œufs de *Callosobruchus maculatus*, les vapeurs d'huiles agissent à travers le tube respiratoire de l'œuf.

Selon **DON PEDRO (1996)**, l'huile essentielle extraite du zeste du citron appliquée par voie de fumigation sur *Callosobruchus maculatus* et *Dermestes maculatus*, respectivement à des

doses de 7.8 et 21.5 $\mu\text{l/l}$ d'air entraîne une mortalité de 50% pour les œufs de ces deux insectes.

Les huiles essentielles des plantes font partie ces dernières années des voies les plus explorées dans la régulation des ravageurs. Leur application dans la protection des stocks a fait l'objet de nombreux travaux. Leur toxicité s'exprime de différentes manières : activités ovicide, larvicide, antinutritionnelle et inhalatoire (KEÏTA *et al.*, 2000 ; REGNAULT-ROGER, 2002). Mis à part l'inhibition de l'éclosion des œufs, les vapeurs d'huiles essentielles accroissent la mortalité des larves. PAPACHRISTOS & *al.*, (2002) ont démontré la toxicité de *Lavandula hybrida*, *Rosmarinus officinalis* et *Eucalyptus globulus* sur les œufs de *Acanthoscelides obtectus* avec une différence de sensibilité significativement corrélée à l'âge. C'est au-delà de trois jours que la sensibilité est la plus forte, probablement à cause d'une plus grande perméabilité du chorion ou de la membrane vitelline facilitant ainsi la diffusion des vapeurs. OGENDO *et al.* (2008) ont quant à eux démontré la toxicité des huiles essentielles de *Ocimum gratissimum* L. à 1 $\mu\text{l.l}^{-1}$ sur *Rhyzopertha dominica*, *O. surinamensis* et *C. chinensis* (L.) avec des taux de mortalité de 98 à 100 % en 24 h. Ils ont identifié le méthyle eugénol comme composant majoritaire et précisent une très forte variation dans la composition chimique de neuf chémotypes de *O. gratissimum* en relation avec la saison, le stade récolte ainsi que l'origine géographique. HABIBA (2007) a obtenu une toxicité par contact équivalente avec des huiles essentielles d'*O. gratissimum* ainsi que celles de *Xylopiya aethiopica* sur *S. zeamais*. L'étude menée par NOUDJOU-WANDJI (2007) semble montrer un effet knock-down de l'huile essentielle de la poudre de *X. aethiopica* sur *Callosobruchus maculatus*. Cet auteur a obtenu une mortalité maximale lors des trois premiers jours au-delà desquels la teneur en huile diminue, résultant d'une quasi-absence de molécules volatiles libérées, entraînant une baisse accrue de la mortalité.

L'activité ovicide des huiles s'explique par leur pouvoir pénétrant ou par la toxicité directe de leurs composants (DON PEDRO, 1989). La toxicité des vapeurs d'huiles essentielles d'*Aeorus ealamus* sur les œufs de *Callosobruchus chinensis* L a été signalée par SCHMIDT *et al.* (1991) qui ont indiqué que les huiles essentielles avaient une action stérilisante sur les œufs.

3.3.4. Effet des huiles essentielles sur l'émergence des insectes étudiés

a) Sur *Callosobruchus maculatus*

Les résultats obtenus montrent que la moyenne des individus émergés dans les lots non traités est de 88 ± 1 , elle diminue ensuite au fur et à mesure avec l'augmentation des doses en huiles essentielles des deux plantes étudiées.

L'émergence des adultes diminue légèrement à 80 ± 1.08 pour les plus faibles doses en huile extraite de *Pseudocytisus integrifolius*

En effet *Nepeta nepetella* est la plus active sur l'émergence avec une réduction de 50% des adultes émergés de *Callosobruchus maculatus* à la dose $4 \mu\text{L}/30 \text{ g}$ graines.

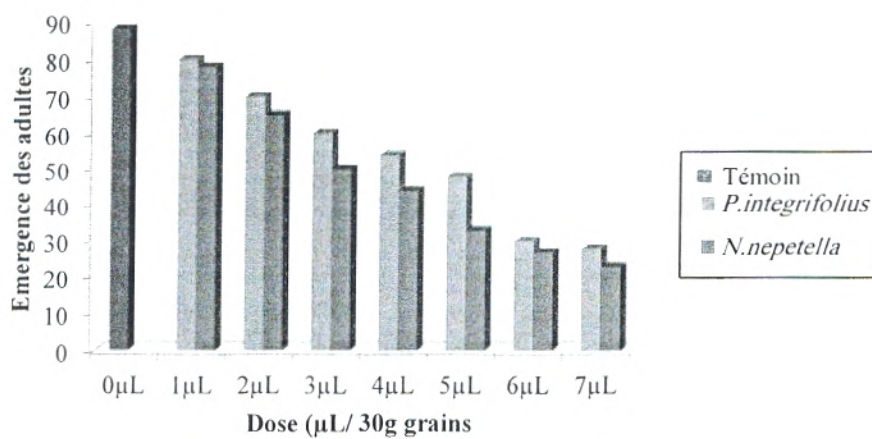


Figure 91 : Nombre moyen d'émergence des adultes de *Callosobruchus maculatus* selon les différentes doses et le type d'huile utilisé

Selon le facteur dose, l'analyse de variation à deux critères de classification montre une variation hautement significative entre les moyennes de l'émergence des adultes avec $F=82,82$ pour $P=3,37 \times 10^{-6}$

Selon le facteur huile, il existe une différence significative avec $F=12,46$ pour un $P=0,009$

b) Sur *Acanthoscelides obtectus*

Les résultats obtenus dans nos essais montrent que la moyenne d'émergence des adultes dans les lots témoin est de 99 ± 2.08 , cette moyenne diminue proportionnellement avec l'accroissement des doses pour atteindre une moyenne de $88 \pm 1,73$ et 85 ± 2 à la faible dose des huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* respectivement.

Les huiles essentielles du *Nepeta nepetella* sont les plus favorables contre l'émergence des adultes d'*Acanthoscelides obtectus*.

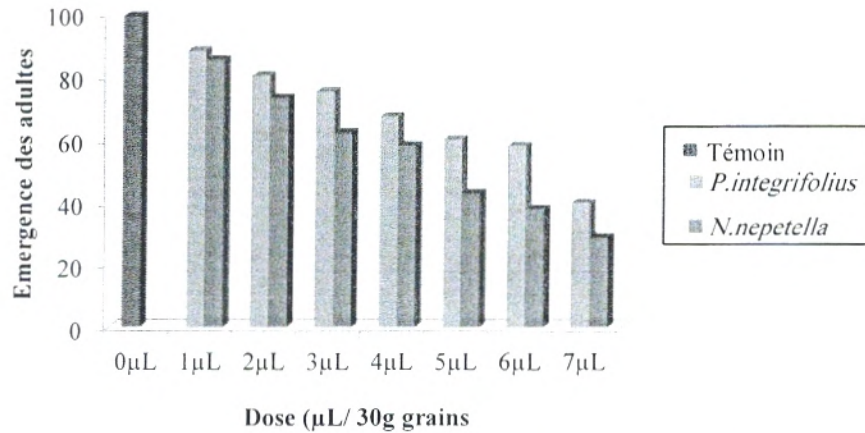


Figure 92 : Nombre moyen d'émergence des adultes d' *Acanthoscelides obtectus* selon les différentes doses et le type d'huile utilisé

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente une variation significative pour le facteur dose avec $F=39,80$ et $P= 4,09.10^{-5}$

Selon le facteur huile, une différence significative avec $F= 17,61$ et $P= 0,004$

c) Sur *Sitophilus granarius*

Les résultats obtenus montrent que l'émergence des charançons dans les lots témoins est en moyenne de $75 \pm 2,08$ individus. Elle diminue ensuite au fur et à mesure que l'on augmente la dose des huiles essentielles des deux plantes étudiées, pour atteindre une moyenne de 23 ± 1 et 13 ± 1 individus émergés à la dose la plus forte dose (7 μL/ 30g grains) en huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* respectivement. L'huile de *Nepeta nepetella* a le plus grand effet sur l'émergence des adultes de *Sitophilus granarius*.

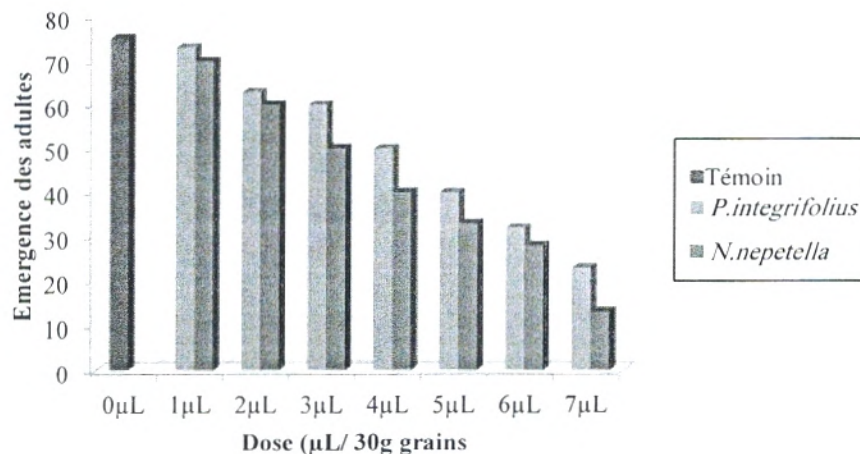


Figure 93 : Nombre moyen d'émergence des adultes de *Sitophilus granarius* selon les différentes doses et le type d'huile utilisé

Selon le facteur dose, l'analyse de la variance à deux critères de classification confirme une différence très hautement significative entre les moyennes de l'émergence avec $F=55,94$ et $P=1,38.10^{-6}$

Selon le facteur huile essentielle, une différence significative avec $F=18,08$ et $P= 0,003$

d) Sur *Rhyzopertha dominica*

Les résultats montrent que la moyenne des individus émergés est de 88 ± 2 individus dans les échantillons témoins et passe ensuite à une moyenne de 23 ± 1 et 13 ± 2 individus pour les huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* respectivement à la plus forte dose. Les huiles essentielles des deux plantes affectent l'émergence de *Rhyzopertha dominica*, notamment avec l'huile de *Nepeta nepetella* qui la réduit à moins de 50% à $4\mu\text{L}/30\text{g}$ grains.

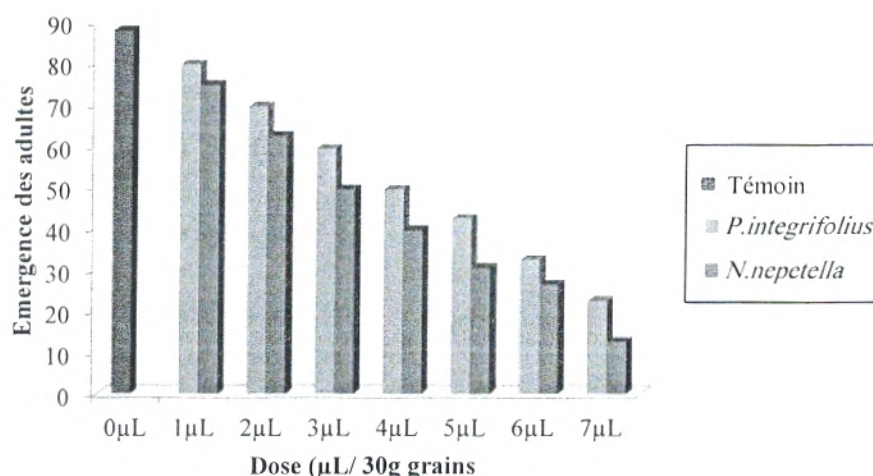


Figure 94: Nombre moyen d'émergence des adultes de *Rhyzopertha dominica* selon les différentes doses et le type d'huile utilisé

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre une différence très hautement significative pour le facteur dose avec $F=156,89$ pour $P=3,71.10^{-7}$.

Pour le facteur huile essentielle une différence entre les moyenne de l'émergence des adultes avec $F=30,28$ pour $P=0,0009$.

e) Sur *Tribolium castaneum*

Les résultats montrent que l'émergence des adultes des lots non traités est de 138 ± 2 individus elle diminue ensuite légèrement à 128 ± 2.64 et 122 ± 1.73 individus émergés pour les plus faible dose utilisées en huiles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* respectivement.

L'huile essentielle de *Pseudocytisus integrifolius* réduit le nombre des adultes émergés à $80 \pm 1,73$ individus et l'huile de *Nepeta nepetella* à 55 ± 2 la plus forte dose $7 \mu\text{L} / 30\text{g}$ semoule.

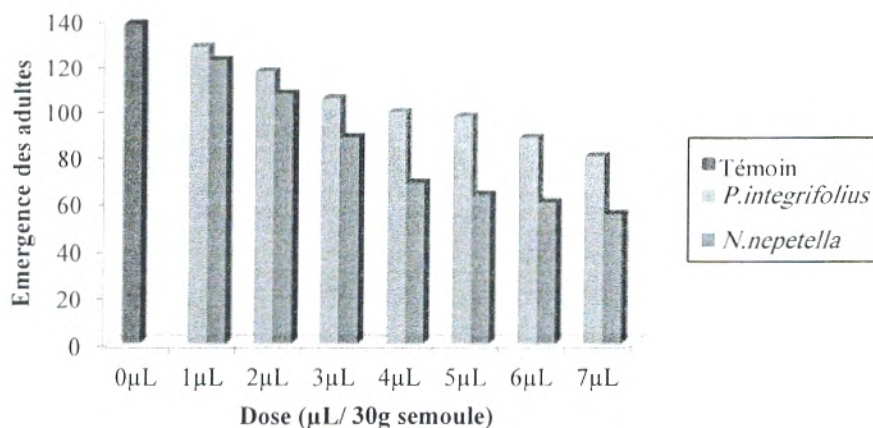


Figure 95 : Nombre moyen d'émergence des adultes de *Tribolium castaneum* selon les différentes doses et le type d'huile utilisé

L'analyse de la variance à deux critères de classification marque une différence significative pour le facteur dose avec $F= 16,5$ et $P= 0,0007$ et une différence significative pour le facteur huile avec $F= 18,12$ et $P=0,003$.

Discussion

Les tests effectués montrent que les différentes huiles exercent une activité larvicide significative avec l'augmentation de la dose.

Dans les lots témoins, les nombres d'individus émergents sont de 88 ± 1 , $99 \pm 2,08$, $75 \pm 2,08$, 88 ± 2 , 138 ± 2 individus chez *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum* respectivement. Un effet larvicide est enregistré dès les faibles doses des deux huiles étudiées, l'émergence diminue au fur et à mesure qu'on augmente les doses des huiles.

La toxicité par inhalation et inhibition de la croissance des adultes et du développement larvaire des différents insectes ont été mises en évidence. L'huile de *Nepeta nepetella* s'est révélée la plus toxique par rapport à l'huile essentielle de *Pseudocytisus integrifolius* qui possède un effet moins toxique contre l'émergence des adultes.

Les huiles essentielles de certaines plantes sont utilisées pour leurs activités de contact et inhalatoire qui n'offrent pas souvent le même degré d'efficacité selon la cible visée. Citons, à titre d'exemple, **TAPONDJOU et al. (2002)** qui ont obtenu de la poudre de feuilles de *C.ambrosioides* en 24 h une mortalité totale des adultes de *Sitophilus granarius* (L.) et *S.*

zeamais à une dose de 6,4 % (P/P). À 0,4 %, il n'a été noté aucune émergence à la FI pour les bruches *C. chinensis*, *Callosobruchus maculatus* et *Acanthoscelides obtectus*. Par contre, la fumigation par l'huile essentielle de cette plante (0.2 µl.cm⁻²) tue 80 à 100 % des adultes de *C. chinensis*, *Acanthoscelides obtectus*, *S. zeamais* et *P. truncatus*, tandis qu'avec *Callosobruchus maculatus* et *Sitophilus granarius*, la mortalité n'a été respectivement que de 20 et 5 %. Selon ces derniers, il est probable que l'activité des feuilles soit due à une forte teneur en huiles essentielles.

Lorsque les graines contenant des larves de *Callosobruchus maculatus* sont exposées aux composés soufrés ou terpéniques, l'effet des traitements dépend du stade de développement. En effet, les larves L2 sont plus sensibles aux traitements que les larves L4 ou les nymphes. Ainsi, lorsque des graines contenant des larves sont exposées à 5µl/l d'huile essentielle d'*O. basilicum*, la mortalité est de 95% chez les larves L2 et seulement de 12 % chez les L4. À l'intérieur des graines, les larves sont beaucoup moins affectées par les traitements avec l'huile essentielle que par le traitement avec le Me₂S₂ (HUIGNARD, 1998).

L'huile essentielle de *Hyptis suaveolens* (Labiatae) et celle de *Tagetes minuta* (Compositae) ont révélé un effet significatif sur l'émergence des adultes (KEÏTA et al., 2000).

LIU et al. (1999) relatent une plus grande sensibilité des adultes de *S. zeamais* (DL₅₀ = 0.043 mg.mg⁻¹ de poids corporel) que *Tribolium castaneum* (DL₅₀ = 0.118 mg.mg⁻¹ de poids corporel) au contact de l'huile essentielle de *Evodia rutaecarpa* (Hook.f. et Thomas). En fumigation, *S. zeamais* (LC50 = 41 mg.l⁻¹ air) se révèle plus tolérant que *Tribolium castaneum* (LC50 = 11.7 mg.l⁻¹ air). Par une mortalité de contact équivalente à celle des témoins, GEORGE et al. (2009) ont apporté la preuve que les huiles essentielles de *Thymus vulgaris* (L.) et de *Mentha pulegium* (L.), actives sur l'acarien des poules *Dermanyssus gallinae* ne le sont que par inhalation (CL99 < 0,30 mg.cm⁻³). KETOH et al. (2002) évoquent une possible absorption des huiles par les graines de niébé. De plus, le parasitoïde *D. basalis* semble plus sensible que son hôte aux terpènes émis particulièrement par *Cymbopogon schoenanthus* (L.) et *Ocimum basilicum* (L.).

KARR & COATS (1992) ont démontré que l'application des d-limonène, linalool, β-myrcène et α-terpinéol a un effet sur la croissance et le développement de la blatte germanique, *Blattella germanica* (L.). Ces monoterpènes ont influencé significativement le temps requis par les nymphes pour atteindre le stade adulte. L'application de doses élevées de d-limonène et de linalool a diminué l'émergence des nymphes quoique la mortalité des femelles n'a pas été affectée.

Conclusion

Les deux huiles essentielles testées par inhalation ont révélé une activité insecticide à l'égard des ravageurs des denrées stockées. A faible concentration les huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* ont eu un effet sur la survie des insectes étudiés, qui devient plus intéressante aux fortes concentrations.

Les activités des huiles étaient en fonction de la nature des huiles, des concentrations utilisées, du temps d'exposition et de l'insecte considéré.

Les huiles essentielles extraites des deux plantes étudiées ont révélé un effet sur la ponte des œufs par les femelles des ravageurs des denrées stockées étudiées, au fur et à mesure que les doses augmentent. Chez *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *S.granariur*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum* une légère diminution de la fécondité est enregistrée dès la plus faible dose. La toxicité par inhalation et inhibition de la croissance des adultes et du développement larvaire des différents insectes ont été mises en évidence. L'huile de *Nepeta nepetella* s'est révélé la plus toxique par rapport à l'huile essentielle de *Pseudocytisus integrifolius* qui possède un effet moins toxique contre l'émergence des adultes. L'utilisation des huiles en fumigation pour le contrôle des populations des insectes étudiés est possible, mais l'efficacité des huiles essentielles par inhalation donne des résultats assez faibles par rapport aux résultats du traitement de contact.

4. Effet des pesticides sur la mortalité et la fécondité des insectes étudiés

4.1 Effet de DALTACIS 5 DP

a) Sur les adultes de *Callosobruchus maculatus*

La figure 96 représente la mortalité de *Callosobruchus maculatus* sur les graines du pois chiche traitées par le pesticide DELTACIS 5 DP

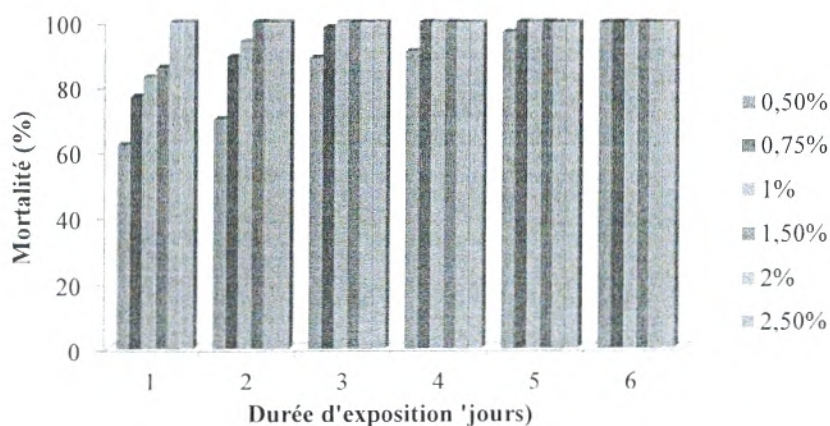


Figure 96: Evolution de la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* en fonction du temps et des doses de DELTACIS 5 DP

Selon l'analyse de la variance à deux critères de classification nous constatons que, selon le facteur dose en DELTACIS 5 DP une différence significative entre les taux de mortalité avec $F=5,16$ pour $P=0,002$

Selon le facteur durée d'exposition nous notons une variation significative avec $F=5,72$ pour $P=0,001$

b) Sur les adultes d'*Acanthoscelides obtectus*

La mortalité des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* sur les graines d'haricot traitées avec le pesticide DELTACIS 5 DP est représentée sur la figure suivante

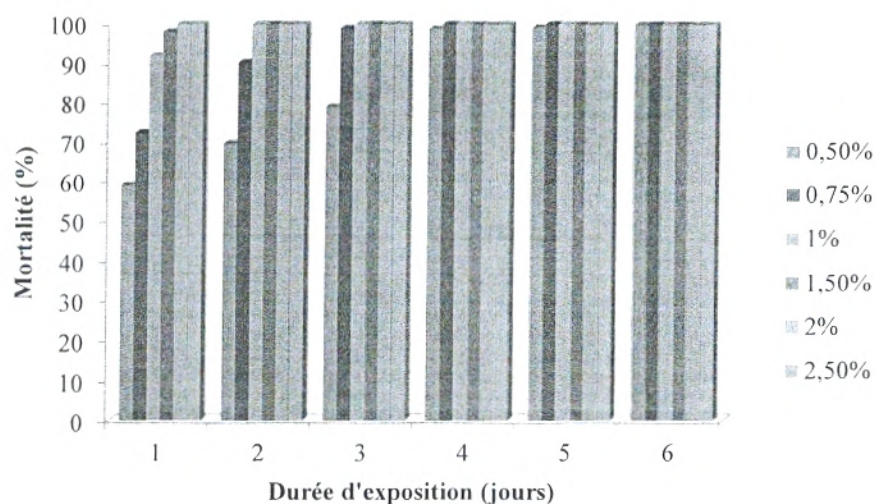


Figure 97: Evolution de la mortalité des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* en fonction du temps et des doses en DELTACIS 5 DP

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre que, selon le facteur dose en DELTACIS 5 DP, une différence significative est enregistrée entre les taux de mortalité des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* avec $F= 4,09$ pour $P=0,007$

Selon le facteur durée d'exposition, une variation significative entre les taux de mortalité avec $F=2,86$ pour $P=0,03$

c) Sur les adultes de *Sitophilus granarius*

La mortalité des adultes de *Sitophilus granarius* sur les grains de blé traités avec le pesticide DELTACIS 5 DP est représentée sur la figure 98

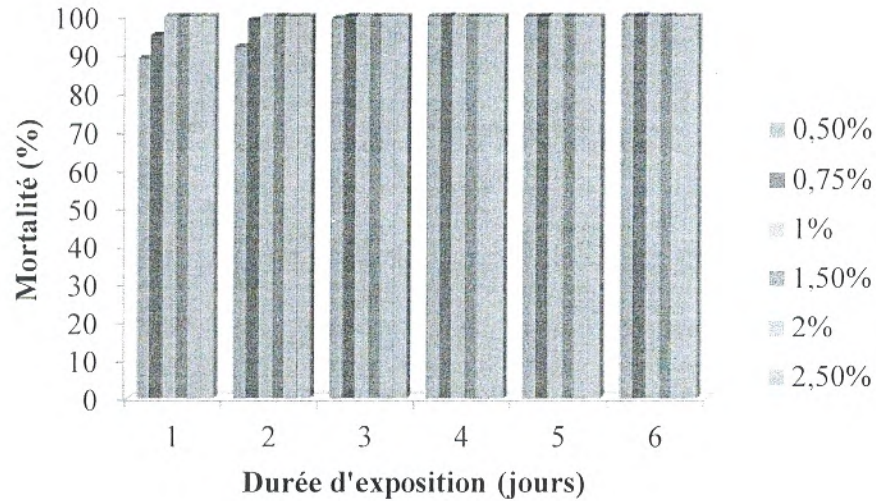


Figure 98: Evolution de la mortalité des adultes de *Sitophilus granarius* en fonction du temps et des doses en DELTACIS 5 DP

L'analyse de la variance à deux critères de classification marque qu'il n'y pas une différence significative entre les taux de mortalité selon le facteur dose avec $F= 2,47$ pour $P=0,05$ et selon le facteur durée d'exposition, avec $F=1,84$ pour $P=0,14$

d) Sur les adultes de *Rhyzopertha dominica*

La mortalité des adultes de *Rhyzopertha dominica* sur les grains de du blé est enregistrée sur la figure 99

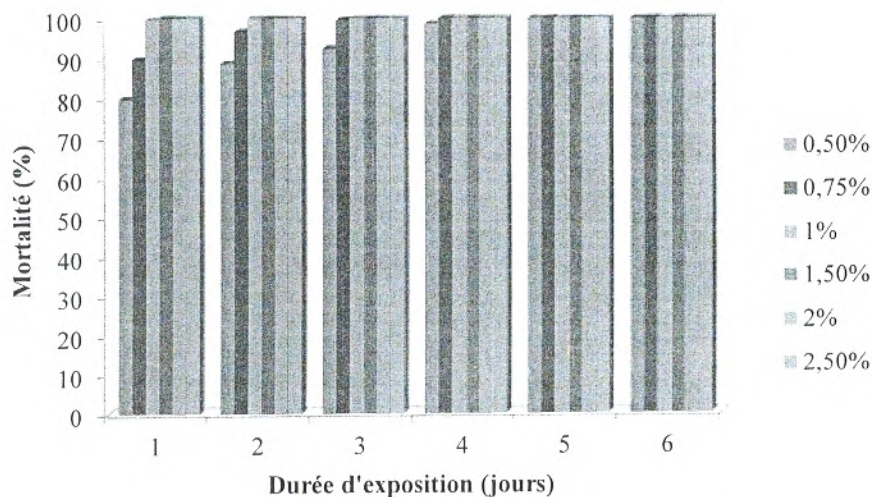


Figure 99 : Evolution de la mortalité des adultes de *Rhyzopertha dominica* en fonction du temps et des doses en DELTACIS 5 DP

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente que :

Selon le facteur dose en DELTACIS 5 DP, une différence significative apparaît entre les taux de mortalité de capuçon du blé avec $F=3,90$ pour $P=0,009$

Selon le facteur durée d'exposition il n'y a pas une différence significative entre les taux de mortalité avec $F=2,14$ pour $P=0,09$

e) Sur les adultes de *Tribolium castaneum*

La mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* sur la semoule traitée avec DELTACIS 5 DP est illustrée sur la figure 100

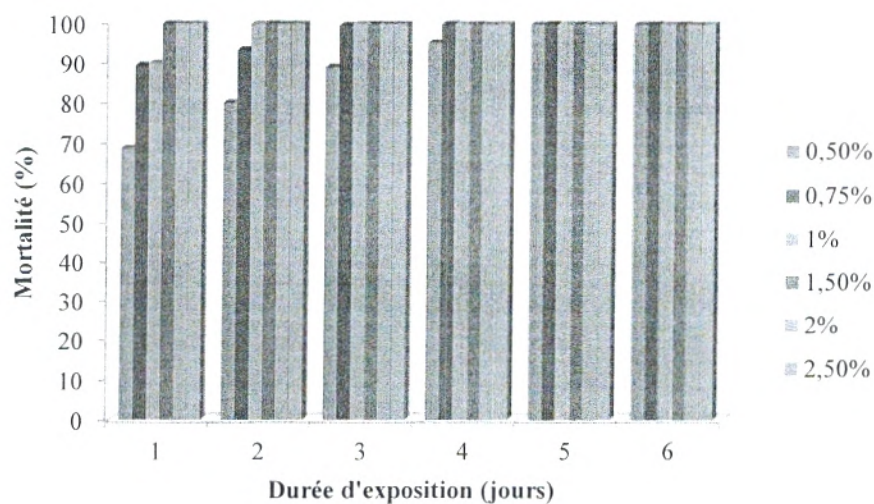


Figure 100 : Evolution de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses en DELTACIS 5 DP

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente, selon le facteur dose en DELTACIS 5 DP, une différence significative entre les taux de mortalité des adultes de *Tribolium* avec $F=4,57$ pour $P=0,004$

Selon le facteur durée d'exposition, montre qu'il y a une différence significative entre les taux de mortalité avec $F=2,78$ pour $P=0,03$

f) Sur les larves de *Tribolium castaneum*

La mortalité des larves de *Tribolium castaneum* sur la semoule traitée avec DELTACIS 5 DP est enregistrée sur la figure suivante

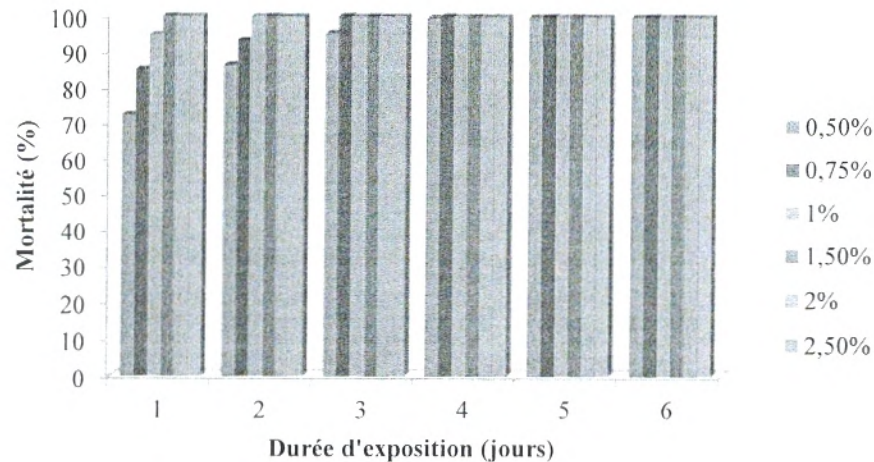


Figure 101 : Evolution de la mortalité des larves de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses de DELTACIS 5 DP

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il ya une différence entre les taux de mortalité selon le facteur dose avec $F= 2,57$ pour $P=0,04$ et selon le facteur durée d'exposition avec $F=2,88$ pour $P=0,034$

4.2. Comparaison de la toxicité de DELTACIS 5 DP

Callosobruchus maculatus, $Y=6,789+4,173X$ ($R^2= 92\%$) $DL_{50}=0,37\%$ (0,11g en poudre)

Acanthoscelides obtectus, $Y=6,471+2,298X$ ($R^2= 94,3\%$) $DL_{50}=0,229\%$ (0,06g en poudre)

Sitophilus granarius, $Y=7,518+2,256X$ ($R^2= 72,5\%$) $DL_{50}= 0,07\%$ (0,02 g en poudre)

Rhyzopertha dominica, $Y=7,326+2,898X$ ($R^2=74,9\%$) $DL_{50}=0,15\%$ (0,04 g en poudre)

Tribolium castaneum (adultes), $Y=7,201+3,355X$ ($R^2=74,7\%$) $DL_{50}=0,22\%$ (0,06g en poudre)

Tribolium castaneum (larves), $Y=7,260+3,094X$ ($R^2= 73,8\%$) $DL_{50}=0,186\%$ (0,05 g en poudre)

4.3. Effet de DELTACIS 5 DP sur la fécondité des insectes étudiés

La fécondité des femelles de *Callosobruchus maculatus* sur les graines du pois chiche, *Acanthoscelides obtectus* sur graines du haricot, *Sitophilus granarius* sur grains du blé dur, *Rhyzopertha dominica* sur blé dur et *Tribolium castaneum* sur semoule (graines, grains et semoule sont traité avec le pesticide DELTACIS 5 DP) est représentée sur la figure 102

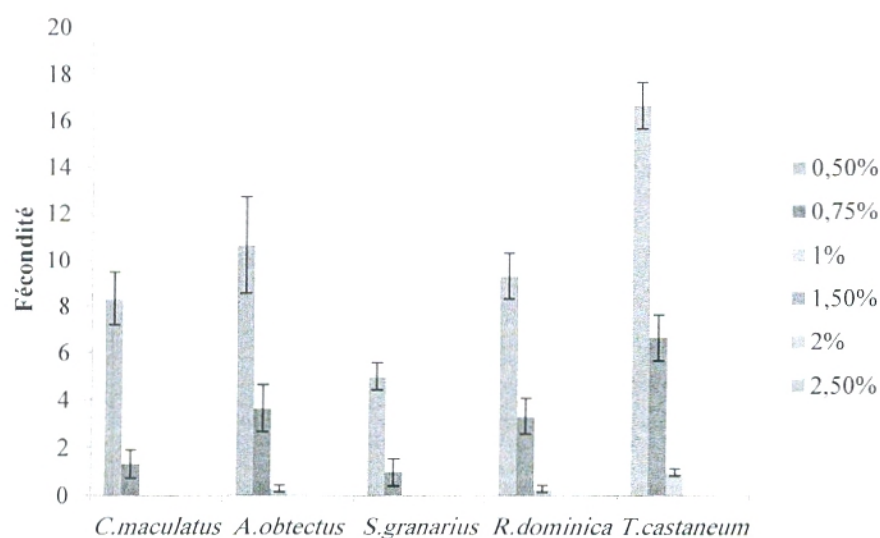


Figure 102 : fécondité des femelles des insectes étudiés en présence de DALTACIS 5 DP (moyenne \pm écart type)

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence significative selon le facteur dose entre avec $F=14,35$ pour $P=4,91.10^{-6}$

Selon le facteur insecte traité, il n'y a pas une variation significative entre les moyennes de la fécondité avec $F=1,32$ pour $P=0,29$

4.4. Effet de DE DE VAP 50%

4.4.1. Traitement par contact

4.4.1.1. Effet de toxicité de DE DE VAP 50%

a) Sur les adultes de *Callosobruchus maculatus*

La figure 103 représente la mortalité de *Callosobruchus maculatus* sur les graines du pois chiche traitées par le pesticide DE DE VAP 50%

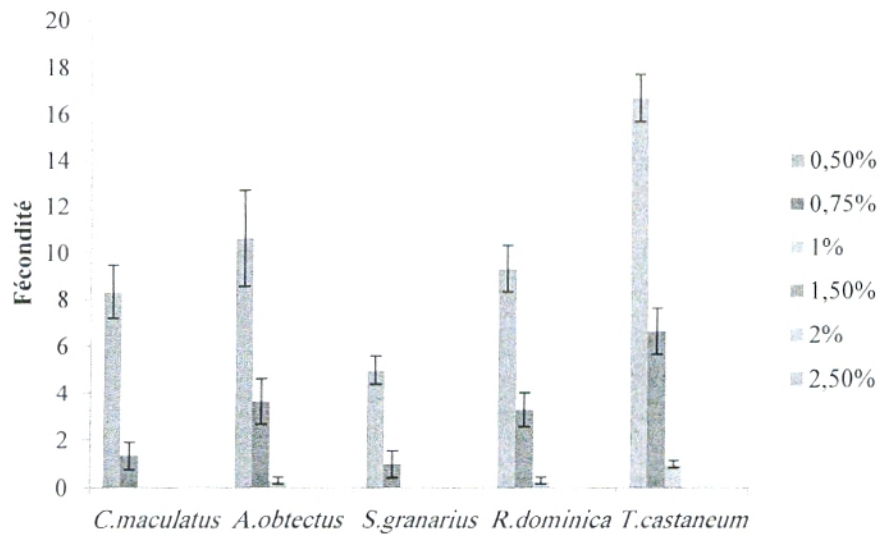


Figure 102 : fécondité des femelles des insectes étudiés en présence de DALTACIS 5 DP (moyenne \pm écart type)

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence significative selon le facteur dose entre avec $F=14,35$ pour $P=4,91.10^{-6}$

Selon le facteur insecte traité, il n'y a pas une variation significative entre les moyennes de la fécondité avec $F=1,32$ pour $P=0,29$

4.4. Effet de DE DE VAP 50%

4.4.1. Traitement par contact

4.4.1.1. Effet de toxicité de DE DE VAP 50%

a) Sur les adultes de *Callosobruchus maculatus*

La figure 103 représente la mortalité de *Callosobruchus maculatus* sur les graines du pois chiche traitées par le pesticide DE DE VAP 50%

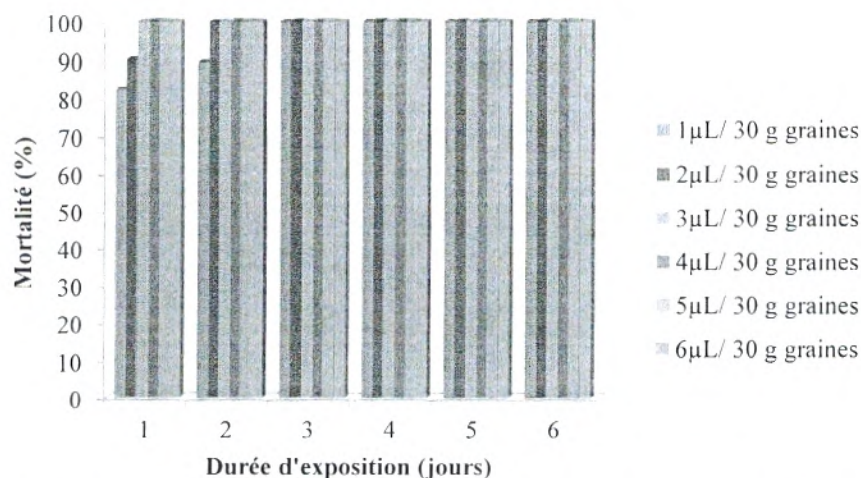


Figure 103 : Evolution de la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* en fonction du temps et des doses de DE DE VAP 50%

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle qu'il n'y a pas une variation significative entre les taux de mortalité, selon le facteur dose en DE DE VAP 50%, avec $F=2,03$ pour $P=0,10$ et selon le facteur durée d'exposition avec $F=1,96$ pour $P=0,119$

b) Sur les adultes d'*Acanthoscelides obtectus*

La mortalité des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* sur les graines d'haricot traitées avec le pesticide DE DE VAP 50% est représentée sur la figure suivante

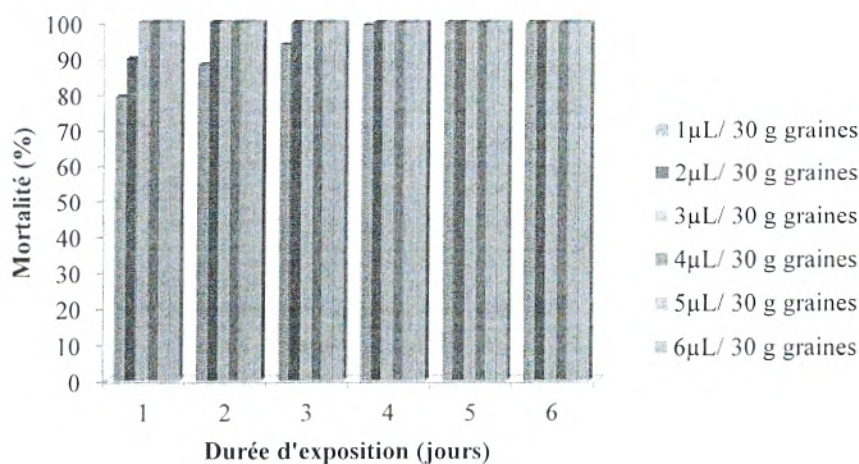


Figure 104: Evolution de la mortalité des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* en fonction du temps et des doses en DE DE VAP 50 %

L'analyse de la variance à deux critères de classification marque une variation entre les taux de mortalité selon le facteur dose en DE DE VAP 50% avec $F=3,30$ pour $P=0,02$

Selon le facteur durée d'exposition, il n'y a pas une variation significative entre les taux de mortalité avec $F=1,91$ pour $P=0,12$

c) Sur les adultes de *Sitophilus granarius*

La mortalité des adultes de *Sitophilus granarius* sur les grains de blé traités avec le pesticide DE DE VAP 50% est représentée sur la figure 105

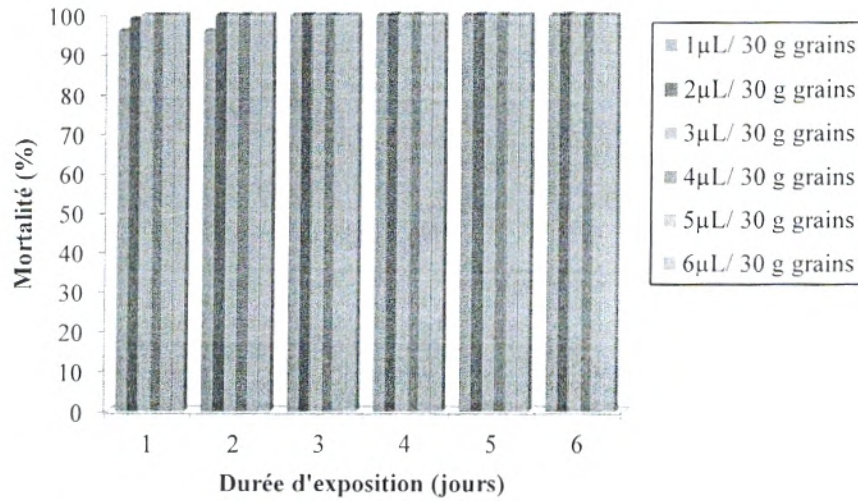


Figure 105 : Evolution de la mortalité des adultes de *Sitophilus granarius* en fonction du temps et des doses en DE DE VAP 50%

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il n'y a pas une variation significative entre les taux de mortalité, selon le facteur dose avec $F= 2,44$ pour $P=0,06$ et selon le facteur durée d'exposition avec $F=1,30$ pour $P=0,29$

d) Sur les adultes de *Rhyzopertha dominica*

La mortalité des adultes de *Rhyzopertha dominica* sur les grains de du blé est enregistrée sur la figure 106

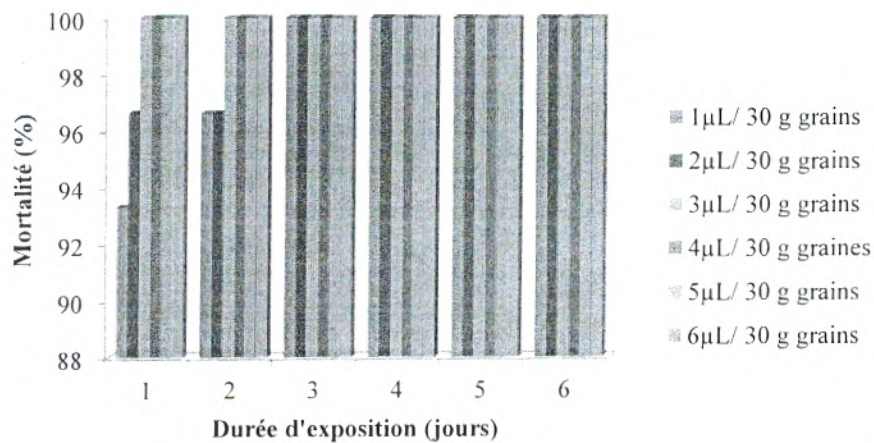


Figure 106: Evolution de la mortalité des adultes de *Rhyzopertha dominica* en fonction du temps et des doses en DE DE VAP 50%

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle qu'il n'y a pas une variation significative, selon le facteur dose en DE DE VAP 50% avec $F=2,20$ pour $P=0,08$ et selon le facteur durée d'exposition avec $F=2,20$ pour $P=0,08$

e) Sur les adultes de *Tribolium castaneum*

La mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* sur la semoule traitée avec DE DE VAP 50% est illustrée sur la figure 107

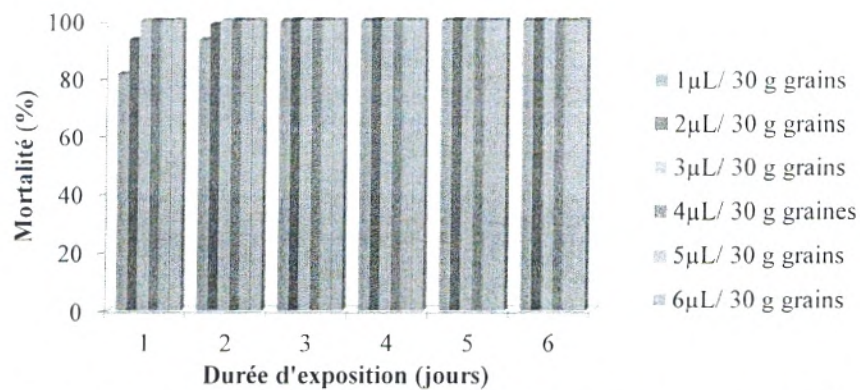


Figure 107: Evolution de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses en DE DE VAP 50%

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il n'y a pas une variation significative entre les taux de mortalité, selon le facteur dose en DE DE VAP 50%, avec $F=1,88$ pour $P=0,13$ et selon le facteur durée d'exposition avec $F=1,88$ pour $P=0,13$

f) Sur les larves de *Tribolium castaneum*

La mortalité des larves de *Tribolium castaneum* sur la semoule traitée avec DE DE VAP 50% est représentée sur la figure 108

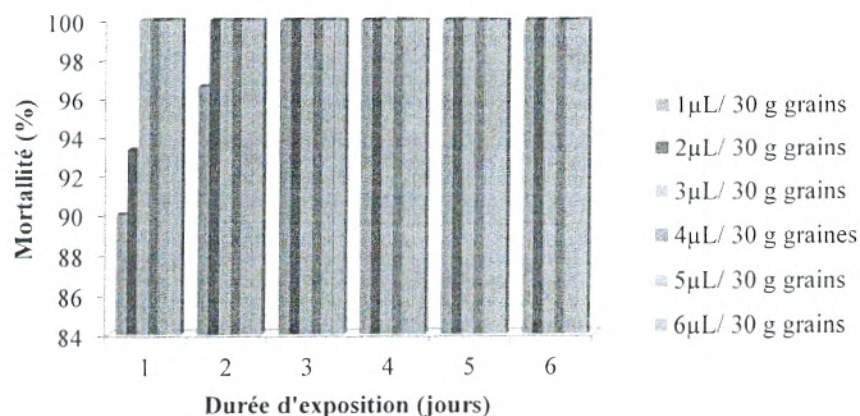


Figure 108: Evolution de la mortalité des larves de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses de DE DE VAP 50%

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il n'y a pas une variation significative entre les taux de mortalité selon le facteur dose avec $F=1,59$ pour $P=0,19$ et selon le facteur durée d'exposition avec $F=1,27$ pour $P=0,07$

4.4.1.2. Comparaison de la toxicité de DE DE VAP 50%

Callosobruchus maculatus, $Y=6,766+1,945X$ ($R^2=69,4\%$) $DL_{50}=0,12\mu\text{L}/30\text{graines}$

Acanthoscelides obtectus, $Y=6,733+1,995X$ ($R^2=69,2\%$) $DL_{50}=0,13\mu\text{L}/30\text{graines}$

Sitophilus granarius, $Y=7,133+1,542X$ ($R^2=61,5\%$) $DL_{50}=0,04\mu\text{L}/30\text{grains}$

Rhyzopertha dominica, $Y=6,639+2,109X$ ($R^2=76,9\%$) $DL_{50}=0,16\mu\text{L}/30\text{grains}$

Tribolium castaneum (adultes), $Y=6,557+2,293X$ ($R^2=86,9\%$) $DL_{50}=0,57\mu\text{L}/30\text{g grains}$

Tribolium castaneum (larves), $Y=7,133+1,542X$ ($R^2=65,7\%$) $DL_{50}=0,04\mu\text{L}/30\text{g grains}$

4.4.1.3. Effet de DE DE VAP 50% sur la fécondité des insectes étudiés

La fécondité des femelles de *Callosobruchus maculatus* sur les graines du pois chiche, *Acanthoscelides obtectus* sur les graines du haricot, *Sitophilus granarius* sur les grains du blé dur, *R.dominica* sur les grains du blé dur et *Tribolium castaneum* sur semoule (grains traités avec le pesticide DE DE VAP 50%) est représentée sur la figure suivante

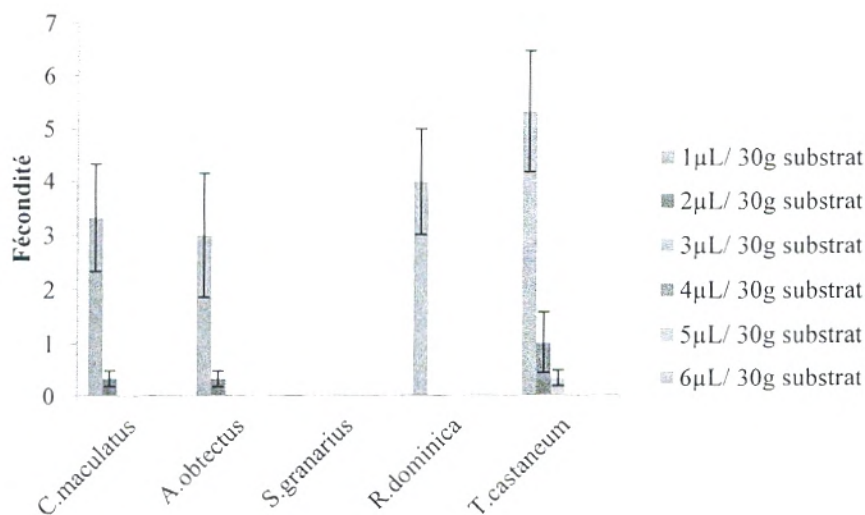


Figure 109 : Fécondité des femelles des insectes étudiés en présence de DE DE VAP 50% (moyenne \pm écart type)

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence significative selon le facteur dose entre avec $F=12,60$ pour $P=1,28.10^{-5}$

Selon le facteur l'insecte traité il n'y a pas une variation significative entre les moyennes de la fécondité avec $F=1,50$ pour $P=0,23$

4.4.2. Traitement par fumigation

4.4.2.1. Effet de toxicité de DE DE VAP 50%

a) Sur les adultes de *Callosobruchus maculatus*

La figure 110 représente la mortalité de *Callosobruchus maculatus* sur les graines du pois chiche traités par le pesticide DE DE VAP 50%

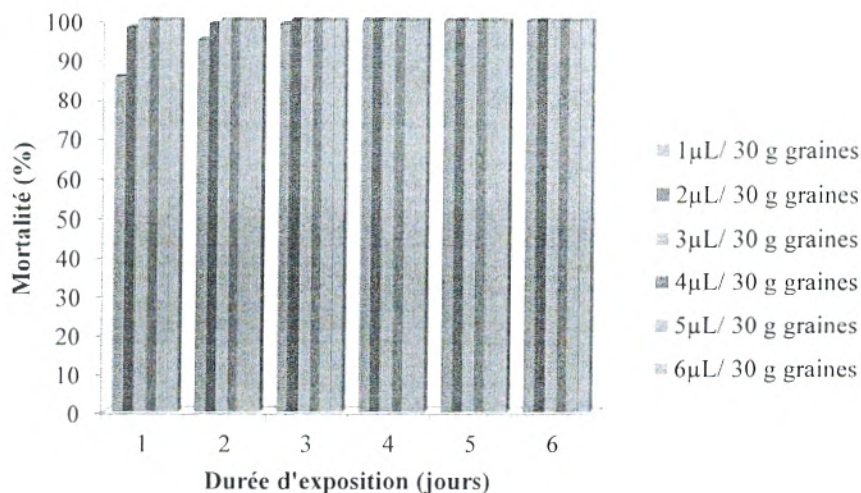


Figure 110 : Evolution de la mortalité des adultes de *Callosobruchus maculatus* en fonction du temps et des doses de DE DE VAP 50%

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il n'y a pas une variation significative entre les taux de mortalité selon le facteur dose en DE DE VAP 50 avec $F=2,11$ pour $P=0,09$ et selon le facteur durée d'exposition avec $F=1,35$ pour $P=0,27$

b) Sur les adultes d'*Acanthoscelides obtectus*

La mortalité des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* sur les graines d'haricot traitées avec le pesticide DE DE VAP 50% est représentée sur la figure suivante

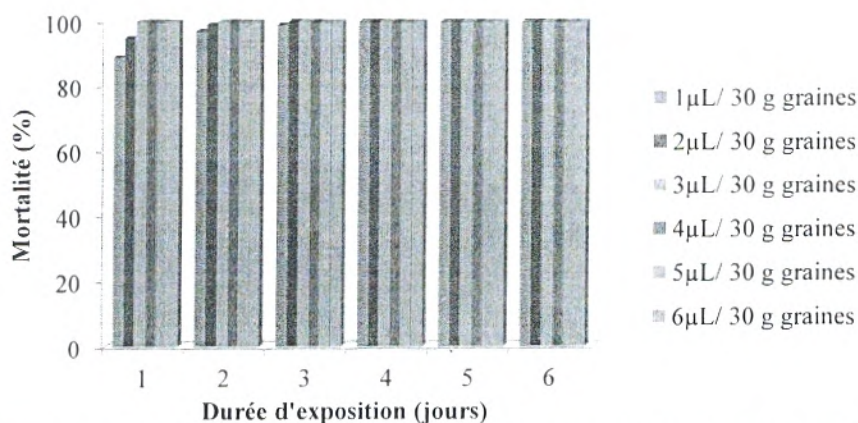


Figure 111: Evolution de la mortalité des adultes d'*Acanthoscelides obtectus* en fonction du temps et des doses en DE DE VAP 50 %

L'analyse de la variance à deux critères de classification présente une variation significative entre les taux de mortalité, selon le facteur dose en DE DE VAP 50% avec $F=1,94$ pour $P=0,12$ et selon le facteur durée d'exposition avec $F=2,07$ pour $P=0,10$

c) Sur les adultes de *Sitophilus granarius*

La mortalité des adultes de *Sitophilus granarius* sur les grains de blé traités avec le pesticide DE DE VAP 50% est représentée sur la figure 112

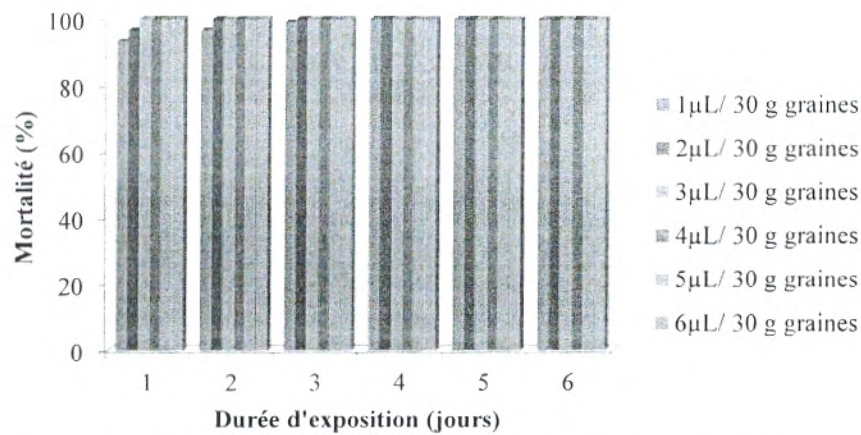


Figure 112: Evolution de la mortalité des adultes de *Sitophilus granarius* en fonction du temps et des doses en DE DE VAP 50%

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle qu'il n'y a pas une variation significative entre les taux de mortalité, selon le facteur dose avec $F=2,49$ pour $P=0,05$ et selon le facteur durée d'exposition avec $F=1,99$ pour $P=0,11$

d) Sur les adultes de *Rhyzopertha dominica*

La mortalité des adultes de *Rhyzopertha dominica* sur les grains de du blé est enregistrée sur la figure 113

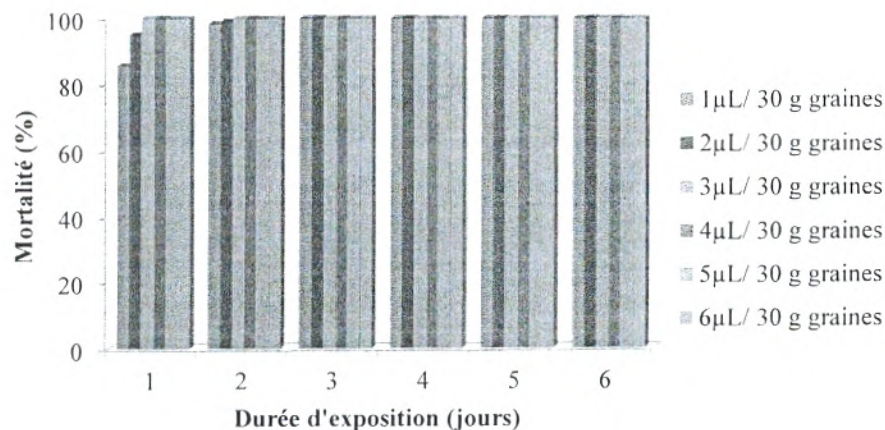


Figure 113 : Evolution de la mortalité des adultes de *Rhyzopertha dominica* en fonction du temps et des doses en DE DE VAP 50%

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle qu'il n'y a pas une variation significative entre les taux de mortalité, selon le facteur dose en DE DE VAP 50%, avec $F=1,30$ pour $P=0,29$ et selon le facteur durée d'exposition avec $F=1,84$ pour $P=0,14$

e) Sur les adultes de *Tribolium castaneum*

La mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* sur la semoule traitée avec DE DE VAP 50% est illustrée sur la figure 114

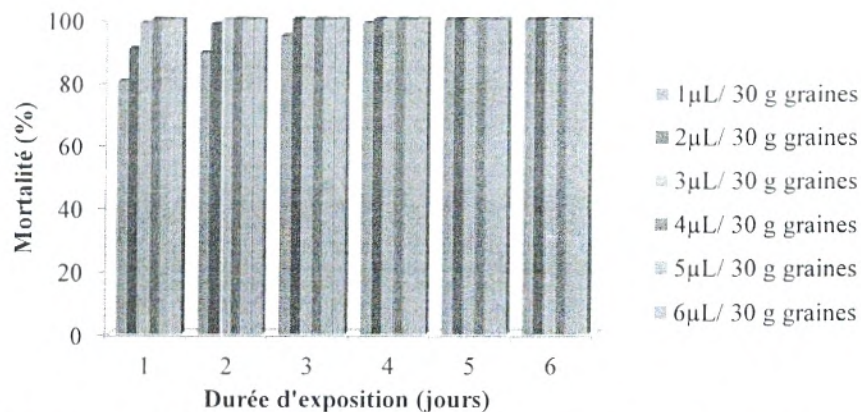


Figure 114: Evolution de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses en DE DE VAP 50%

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il y a une variation entre les taux de mortalité, selon le facteur dose en DE DE VAP 50%, avec $F=3,35$ pour $P=0,01$. Selon le facteur durée d'exposition, on marque qu'il n'y a pas une différence significative entre les taux de mortalité avec $F=2,17$ pour $P=0,08$.

f) Sur les larves de *Tribolium castaneum*

la mortalité des larves de *Tribolium castaneum* sur la semoule traitée avec DE DE VAP 50% est représentée sur la figure 115

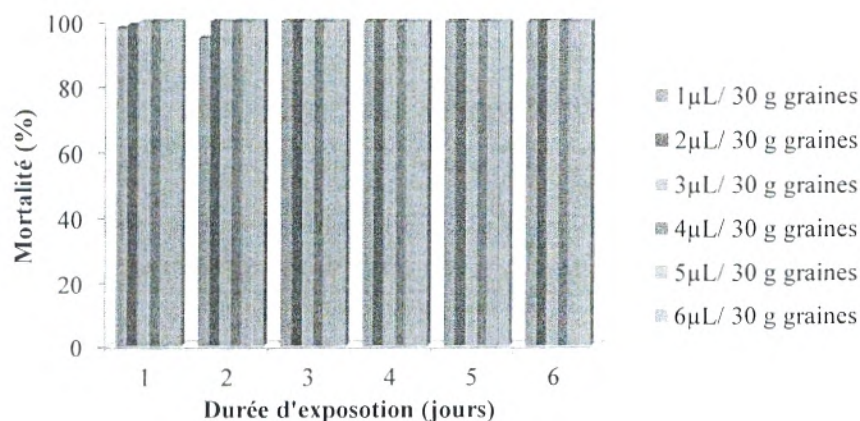


Figure 115 : Evolution de la mortalité des larves de *Tribolium castaneum* en fonction du temps et des doses de DE DE VAP 50%

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle qu'il n'y a pas une variation significative entre les taux de mortalité selon le facteur dose avec $F=1,84$ pour $P=0,14$ et selon le facteur durée d'exposition avec $F=1,09$ pour $P=0,38$

4.4.2.2. Comparaison de la toxicité de DE DE VAP 50% par fumigation

Callosobruchus maculatus, $Y=6,774+1,990X$ ($R^2=87,8\%$) $DL_{50}=0,12\mu\text{L}/30\text{graines}$

Acanthoscelides obtectus, $Y=6,946+1,714X$ ($R^2=87,1\%$) $DL_{50}=0,07\mu\text{L}/30\text{graines}$

Sitophilus granarius, $Y=7,133+1,542X$ ($R^2=65,7\%$) $DL_{50}=0,04\mu\text{L}/30\text{grains}$

Rhyzopertha dominica, $Y=7,270+1,286X$ ($R^2=79\%$) $DL_{50}=0,01\mu\text{L}/30\text{grains}$

Tribolium castaneum (adultes), $Y=6,378+2,581X$ ($R^2=87,7\%$) $DL_{50}=0,29\mu\text{L}/30\text{g grains}$

Tribolium castaneum (larves), $Y=7,054+1,669X$ ($R^2=65,7\%$) $DL_{50}=0,05\mu\text{L}/30\text{g grains}$

4.4.2.3. Effet de DE DE VAP 50% sur la fécondité des insectes étudiés

La fécondité des femelles de *Callosobruchus maculatus* sur les graines du pois chiche, *Acanthoscelides obtectus* sur les graines du haricot, *Sitophilus granarius* sur les grains du blé dur, *Rhyzopertha dominica* sur les grains du blé dur et *Tribolium castaneum* sur semoule (graines, grains et semoule sont traitées avec le pesticide DE DE VAP 50%) est représentée sur la figure 116

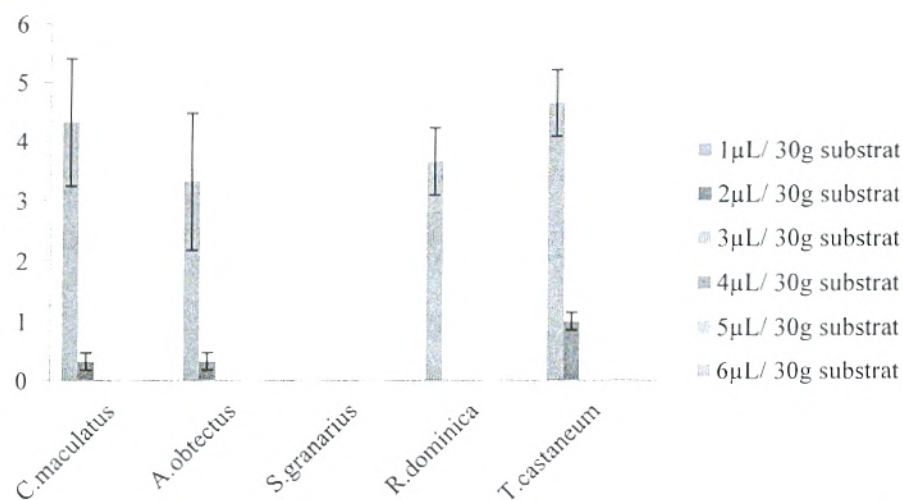


Figure 116 : Fécondité des femelles des insectes étudiés en présence de DE DE VAP 50% (moyenne \pm écart type)

L'analyse de la variance à deux critères de classification révèle une différence significative selon le facteur dose avec $F=14,35$ pour $P=4,91 \cdot 10^{-6}$

Selon le facteur l'insecte traité il n'y a pas une variation significative entre les moyennes de la fécondité avec $F=1,32$ pour $P=0,29$

Discussion

Les essais réalisés ont montré que les insecticides testés ont un effet toxique sur les adultes de *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et les deux stades de développement

(larves et adultes) de *Tribolium castaneum*, et même sur la fécondité des femelles des cinq insectes étudiés. Nous avons constaté qu'aucun adulte survivant n'a été dénombré, dans les boîtes traitées avec DELTACIS 5DP et DE DE VAP. Ceci indique la toxicité élevée des insecticides vis-à-vis les oeufs des insectes étudiés.

Le pesticide de DELTACIS DP 50 est très toxique sur les adultes *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica*, *Acanthoscelides obtectus*, *Tribolium castaneum* et *Callosobruchus maculatus* avec DL₅₀ de 0,07%, 0,15%, 0,22%, 0,22% et 0,37% respectivement, alors que la poudre des feuilles de *Nepeta nepetella* la plus efficace possède une DL₅₀ de 3,42%, 3,83%, 6,92%, 6,39% et 4,94% respectivement.

Chez les larves de *Tribolium castaneum*, le pesticide de DELTACIS 50 DP est très toxique avec DL₅₀ de 0,05% tandis que la poudre des feuilles de *Pseudocytisus integrifolius*, la plus toxique sur les larves possède une DL₅₀ de 4,26%.

L'examen de la DL₅₀ des insecticides montre que DE DE VAP est très toxique sur les adultes des insectes étudiés, la même DL₅₀ est enregistrée pour traitement de contact d'inhalation chez *Callosobruchus maculatus* 0,12µL et chez *Sitophilus granarius* 0,04µL. DE DE VAP est très toxique sur les larves de *Tribolium* avec une DL₅₀ de 0,04µL par contact et 0,05µL par inhalation

Les adultes de *Rhyzopertha dominica* sont les plus touchés par cet insecticide avec DL₅₀ de 0,01 µL par inhalation et 0,16µL par inhalation, alors que l'huiles essentielles extraites des deux plantes étudiées *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* considérées comme très toxiques par contact possèdent une DL₅₀ de 2,61µL/30g grains et 2,58µL/30g grains respectivement.

Les pesticides testés sous forme de poudre ou liquide, par contact ou inhalation, possèdent un grand effet insecticide et larvicide sur *Tribolium castaneum*, DE DE VAP par contact avec DL₅₀ de 0,57µL/30g grains et par inhalation DL₅₀ de 0,29µL/30g grains.

Les deux pesticides étudiés montrent une activité insecticide avec une diminution remarquable de la fécondité des femelle des cinq insectes. En effet DELTACIS 50DP inhibe complètement la fécondité des femelles de *Callosobruchus maculatus* et *Sitophilus granarius*

à partir de la dose 1% poids en poudre de pesticide par poids de graines, comme il inhibe la fécondité des femelles de *Rhyzopertha dominica*, *Acanthoscelides obtectus*, *Tribolium castaneum* à partir de la dose 1,5% poids en poudre de pesticide par poids de graines. DE DE VAP 50% par contact et inhalation inhibe complètement la ponte des femelles de *Sitophilus granarius* dès la plus faible dose. des femelles de *Rhyzopertha dominica* à partir de la dose 2 μ L/ 30g substrat, de *Callosobruchus maculatus* et *Acanthoscelides obtectus* à partir de 3 μ L/ 30g substrat et les femelles de *Tribolium castaneum* par contact à partir de 3 μ L/ 30g substrat et par inhalation à partir de 4 μ L/ 30g substrat. L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il y a une différence significative entre les moyennes de la fécondité selon le facteur dose en DELTACIS 50DP et DE DE VAP 50% (par contact ou inhalation) et aucune différence selon le facteur espèce insecte étudiée

OGENDO et al. (2004) ont fait des évaluations des propriétés de la poudre de *Lantana camara* L. et *Tephrosia vogelii* Hook f. comparées à celles d'un insecticide synthétique (Actellic Super™ 2% en poudre) sur *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) sur du maïs stocké en grains avec un témoin. L'efficacité des traitements a été évaluée en mesurant la mortalité des adultes âgés de 5 à 8 jours, l'émergence de la descendance des FI et l'effet répulsif sur les adultes. Les poudres provoquaient une réduction de plus de 75% de la descendance en FI par rapport au témoin non traité et *Tephrosia vogelii* Hemsley semblait être le plus répulsif contre *S. zeamais*.

HAUBRUGE et al. (1987), **SCHIFFERS et al. (1987 ; 1989)** ont montré que de tous les insecticides pyréthrinoïdes utilisés, la dèltaméthrine est celui qui possède à la fois les plus grandes stabilités, efficacités et rémanence et qui a le spectre le plus large.

Dogo **SECK, 1994** a examiné de nombreuses publications sur la protection chimique des récoltes, il a montré que, malgré leur efficacité, les insecticides de synthèse présentent plusieurs inconvénients. Les pyréthrinoïdes s'avèrent coûteux et manquent d'efficacité sur certaines espèces. Le dichlorvos malgré son absence d'effet résiduel s'avère trop toxique pour être recommandé en milieu rural. Sur le plan économique, le coût des pesticides pèse lourd sur le budget des pays concernés. Entre 1980 et 1985, le marché d'importation de pesticides pour l'Afrique au Sud du Sahara était de 290 millions de dollars (**FAO, 1990**).

Ce sont des esters de l'acide phosphorique ou de l'acide thiophosphorique, représentés respectivement par le dichlorvos et la parathion. Cette famille d'insecticides a pour cible principale les acétylcholinestérases (toutes espèces vivantes confondues) dont elle inhibe irréversiblement l'activité. Toutefois le mode d'action des organophosphorés est plus

complexe, et d'autres effets sont régulièrement découverts, qui sont souvent liés au premier. Pour le principal effet c'est une action toxique liée à l'inhibition des cholinestérases, enzymes présentes au niveau du SNC, muscles, globules rouges et plasma. Leur rôle est de détruire l'acétylcholine, libérée lors du passage de l'influx nerveux. L'enzyme est essentielle au contrôle normal de la transmission des impulsions nerveuses à partir de fibres nerveuses et musculaires lisses des cellules, les cellules glandulaires, ainsi que dans le système nerveux *central (SNC)*.

Conclusion

Les pesticides testés DELTACIS 50DP et DE DE VAP 50% (sous forme de poudre ou liquide, par contact ou inhalation) possèdent un grand effet insecticide et larvicide sur les espèces d'insecte étudié.

Les deux pesticides étudiés montrent une activité insecticide avec une diminution remarquable de la fécondité des femelles des cinq insectes

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il y a une différence significative entre les moyennes de la fécondité selon le facteur dose en DELTACIS 50DP et DE DE VAP 50% (par contact ou inhalation) et qu'il n'y a pas de différence selon le facteur espèce insecte étudiée

Les poudres des feuilles des deux plantes testées et les huiles essentielles extraites de ces plantes révèlent un effet néfaste sur les insectes étudiés surtout par contact mais moins important par rapport aux insecticides de synthèse testés qui ont montré une forte activité insecticide même à faible dose. Malgré ces résultats il est important d'utiliser les biopesticides qui montrent une activité intéressante et qui sont aussi biodégradables.

Conclusion générale

L'étude des insectes ravageurs des denrées stockées et leurs paramètres biologiques nous a révélé d'abord que dans les conditions de notre expérimentation (26°C et 70 % humidité relative) la durée moyenne du cycle biologique de *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum* est de 29±2, 30±1, 45±1, 32±1 et 28±1 jours respectivement.

L'étude de l'activité biologique de deux poudres et deux huiles végétales a permis d'obtenir un contrôle très satisfaisant des dégâts de *Callosobruchus maculatus* sur pois chiche, *Acanthoscelides obtectus* sur haricot, *Sitophilus granarius* et *Rhyzopertha dominica* sur blé dur et *Tribolium castaneum* (adultes et larves) sur semoule. Ces résultats sont en concordance avec ceux de plusieurs auteurs rapportant l'efficacité des huiles pour la protection des denrées stockées.

D'une manière générale nos résultats indiquent que les huiles et les poudres extraites du *Nepeta nepetella* exercent une toxicité plus ou moins importante vis-à-vis les insectes étudiés par rapport à *Pseudocytisus integrifolius*.

L'activité insecticide des poudres varie selon la dose utilisée et la durée d'exposition, alors que leur effet sur la fécondité des femelles et le nombre des adultes émergés varie selon la plante et la dose utilisée. Les substances des feuilles des deux plantes testées induisent une diminution de la fécondité des femelles pour l'ensemble des insectes étudiés et exercent une activité larvicide très significative avec l'augmentation de la dose avec une réduction très significative des émergences de la descendance.

Dans notre étude, l'huile de *Nepata nepetella* s'avère la plus efficace par rapport à l'huile de *Pseudocytisus integrifolius*. Cette efficacité des huiles se traduit d'abord par une toxicité sur les adultes ainsi par une réduction significative voire une inhibition totale de la descendance d'une nouvelle génération.

Dans les tests par contact, il ressort que les deux huiles testées entraînent une mortalité significative des adultes et larves, inhibent la ponte des œufs et réduisent l'émergence des adultes.

Nos résultats montrent que les huiles essentielles les plus toxiques sur les adultes des espèces étudiées sont également les plus efficaces sur la fécondité des femelles.

C'est ainsi que la toxicité par fumigation des deux huiles a été évaluées contre les adultes des cinq espèces étudiées et les larves de *Tribolium castaneum*, la fécondité des femelles et l'émergence des adultes. Les résultats ont montré que la mortalité augmente avec l'allongement du temps d'exposition ainsi qu'avec l'augmentation de la concentration.

Conclusion générale

A faible concentration, les huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* ont eu un effet sur la survie des insectes étudiés, qui devient plus intéressant aux fortes concentrations. Quant au charançon de blé (*Sitophilus granarius*), l'huile essentielle de *Nepeta nepetella* a montré une activité insecticide intéressante aux fortes concentrations. Cependant, à faible concentration elle a une faible toxicité vis-à-vis des adultes de l'ensemble des insectes étudiés. L'huile essentielle de *Pseudocytisus integrifolius* a révélé une faible activité insecticide à l'égard de *C.maclatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*. Toutefois, l'huile essentielle *Nepeta nepetella* produit une mortalité assez significative à la plus grande concentration sur les larves de *Tribolium castaneum*, ce qui nous amène à penser qu'une éventuelle activité insecticide intéressante est possible si on augmente la concentration.

Chez *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum* une légère diminution de la fécondité est enregistrée dès la plus faible dose utilisée, elle diminue ensuite au fur et à mesure que l'on augmente la dose des huiles utilisées.

L'utilisation des huiles en fumigation pour le contrôle des populations des insectes étudiés est possible, mais l'efficacité des huiles essentielles par inhalation donne des résultats assez faibles par rapport aux résultats du traitement par contact.

L'huile de *Nepeta nepetella* s'est révélée la plus toxique par rapport à l'huile essentielle de *Pseudocytisus integrifolius* qui possède un effet moins toxique contre l'émergence des adultes.

Les huiles essentielles se sont révélées plus efficaces comparativement aux poudres des feuilles. D'après la composition chimique des deux plantes nous remarquons la présence des composants majoritaires connus pour leurs propriétés insecticides et leur pouvoir inhibiteur de ponte chez *Nepeta nepetella*, 4 α ,7 α ,7 β -Népétalactone et de 4 α ,7 α ,7 α -Népétalactone et chez *Pseudocytisus integrifolius* le Disulfure de diméthyle, Pent-4-ènenitrile, Trisulfure de diméthyle, ce qui explique les résultats obtenus.

Les deux insecticides testés par contact et par inhalation DELTACIS 50 DP et DE DE VAP 50% sont très toxiques vis-à-vis des adultes des cinq espèces d'insectes étudiés et les larves de *Tribolium castaneum*, comme ils inhibent la fécondité des femelles à faible dose.

Les deux pesticides étudiés montrent une activité insecticide avec une diminution remarquable de la fécondité des femelles des cinq insectes. En effet DELTACIS 50DP inhibe complètement la fécondité des femelles.

Références bibliographiques

- **ABBOTT W.S., 1925.** A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal Ecological Entomology*, (18): 265-267.
- **AGRAWAL A.A., 2000.** Specificity of induced resistance in wild radish: Causes and consequences for two specialist and two generalist caterpillars. *Oikos* **89**: 493-500.
- **AIBOUD K., 2011.** Etude de l'efficacité de quelques huiles essentielles à l'égard de la bruche de niébé *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) et impacts des traitements sur la germination des graines de *Vigna unguiculata*, Mémoire de Magister en sciences écologie U.M.M.T.O.58.
- **AKPOVI C. S., 1993.** Etude au laboratoire de l'efficacité de *Dinarmus basalis* Rondani. (Hymenoptera : Pteromalidae) ectoparasite de *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire d'ingénieur Agronome. Univ. Nation. du Bénin. Cotonou Bénin ; 98p.
- **ALZOUMA I., BOUBACAR A., 1987.** Effets des feuilles vertes de *boscia senegalensis* (Capparaceae) sur la biologie de *Bruchidius atrolineatus* et *Callosobruchus maculatus* (Coléoptères, bruchidae) ravageurs des graines du niébé (*Vigna unguiculata* (Walp.)). In : Les légumineuses alimentaires en Afrique. Colloque de Niamey. AUPELF Ed., pp. 288-295.
- **ANONYME., 1981.** Post Harvest Problems, GTZ, Eschbom, 258 p.
- **ANONYME., 2009.** Les invertébrés continentaux des pays de la Loire-Gretia. document online, 18p.
- **ANTON K.W., & DELOBEL A., 2004.** Description of five new species in the genus *Caryedon* Schoenherr. with a taxonomical note on *Caryedon angeri* (Semenov) (Coleoptera: Bruchidae: Pachymerinae). *Genus* 15: 65-90.
- **ARAYA G. S., & EMANA G., 2009.** Evaluation of botanical plants powders against *Zabrotes subfasciatus* (Bheman) (Coleoptera: Bruchidae) in stored haricot beans under laboratory condition. *African Journal of Agricultural Research*, 4 (10), pp: 1073-1079.
- **ASSEM V.D.J., 1971.** Some experiments on sex-ratio and sex-regulation in the pteromalid. *Lariophagus distinguendus* Forster optera: Pteromalidae. *Neth.J.Zool.*
- **AVIDOV Z., APPELBAYNS S.M., & BERLINGES M.J., 1965.** Physiological aspects of host specificity in the Bruchidae on positional preference and behavior *Callosobruchus chenensis* L. *ENT, exp, and app.* 96-106.
- **BABA-MOUSSA F., KOUMAGLO K., AYEDOUN A., AKPAGANA K., MOUDACHIROU M., & BOUCHET P., 1997.** Activité antifongique d'huiles essentielles extraites au Bénin et au Togo. *Cryptogamie, Mycol.*, 18.2: 165-168.

Références bibliographiques

- **BAERLOCHER F.J., LANGLER R.F., FREDERIKSEN M.U., GEORGES N.M., & WHITERELL R.D., 1999.** Structure-activity relationship for selected sulfur-rich antifungal compounds. *Austral. J. Chem.* **52**: 167-172.
- **BALACHOWSKY A., 1962.** Les insectes nuisibles aux plantes cultivées leur moeurs, leur destructions. Ed. Paris. pp 1245-1268
- **BECK C.W., & BLUMER L S., 2007.** Beans beetles. *Callosobruchus maculatus*, a model system of inquiry based undergraduate laboratories 274-282pp. In tested studies for laboratory; Teaching volume 28 (M.A O'DONELL EDITOR) Proceeding of 28 workshop/Conference of Association for Biology Laboratory Education (ABLE) p. 403.
- **BEKELE J., & HASSANALI A., 2001.** Blend effects in the toxicity of the essential oil constituents of *Ocimum kilimandscharicum* and *Ocimum kenyse* (Labiatae) on tow post-harvest insect pests. *Phytochemistry*, **57**: 385-391.
- **BELANGER A., & DEXTRAZE L., 1998.** Composition chimiques des huiles essentielles de plantes aromatiques du Burkina Faso. *Agric. et Agroalimentaire*, **25**p.
- **BENABADJI N., 1999.** Physionomie, organisation et composition floristique des atriplexaies au sud de Tlemcen (chott El-Gharbi). *Atriplex in vivo* **8** : 1-6.
- **BENDAHOU M., 2007.** Composition chimique et propriétés biologiques des extraits de quelques plantes aromatiques et médicinales de l'ouest algérien. Thèse de doctorat d'état en biochimie, Univ. Tlemcen, 282p.
- **BENDIMERAD N., 2006.** Study of essential oils *Pseudocytisus integrifolius* (Salisb) Rehder and *Sinapis arvensis* L., Crucifer of the western region of Algeria. Demonstration of compounds and nutritional consequences. Thesis. Doc. of state. Univ. Abou Bekr Belkaid. 152p
- **BENHALIMA H., CRAUDHRY M.Q., MILLS K.A., & PRICE N.R., 2004.** Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in Morocco. *J. Stored Prod. Res.*, **40**, 241-249.
- **BERNARD C. B., ARNASON J. T., PIDLOGENE B. J. R, LAM J., & WADELL T., 1989.** Effect of ligans and other secondary metabolites of the Asteraceae on the mono-oxygenase activity of European corn borer. *Phytochemistry*, vol. **28**. **5**, P: 1373-1377.
- **BILLERBECK (de) V.G., 2002.** Essais d'utilisation d'huiles essentielles en traitement de l'air dans Contamination biologique des biens culturels : causes, prévention et traitements. Paris, Elsevier, 2002, p. 345-361.

Références bibliographiques

- **BILLERBECK (de) V.G., 2007.** Les huiles essentielles: perspectives d'applications en traitement préventif de l'air pour la protection des biens culturels, XIIème réunion de conservation et restauration, Musée national d'art de Catalogne, Barcelone, 3 et 4 mai.
- **BONNEMAISON L., 1962.** Les ennemis animales des plantes cultivées et des forêts II. Ed. Paris 1er. pp: 124-132.
- **BOSTANIAN N.J., AKALACH M., & CHIASSON H., 2005.** Effects of a Chenopodium based botanical insecticide/acaricide on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae). Pest Manag. Sci, 61, pp: 979-984
- **BOUCHER C., 2000.** La flore des montagnes méditerranéennes. Edisud.
- **BOUCHIKHI TANI Z., 2006.** Bioefficacité de la substance des feuilles de deux variétés de haricot *Phaseolus vulgaris* sur les différents états et stades de développement de la bruche du haricot *Acanthoscelidse obtectus* (Coleoptera, Bruchidae), Thèse de magister. Univ. Tlemcen, 86p.
- **BOUCHIKHI TANI Z., 2010.** Lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelides obtectus* (Coleoptera, Bruchidae) et la mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Teneidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles. Thèse. Doctorat. En bio. Eco ani Univ. Tlemcen, 125p
- **BOUGDAD A., GILLON Y., & GAGNEPAIN C., 1986.** Influence des téguments des grains murs de *Vicia faba* sur le développement larvaire de *Callosobruchus maculatus* entomologie. Exp. Appl. PP:210-223
- **BOURREL C., VILAREM G., MICHEL G., & GRASET A., 1995.** Etude des propriétés bactériostatiques et fongistatiques en milieu solide de 24 huiles essentielles préalablement analysées. *Rivista Italiana*, EPPOS, p 3-12.
- **BRICH L.C., 1953.** Experimental background to study of distribution and abundance of insectes. *Ecol.*, 34, 4, 698-711.
- **BRITO J.P., BAPTISTUSSI R.C., FUNICHELO M., OLIVEIRA J.EM., & BORTOLI S.A., 2006.** Effect of essential oils of *Eucalyptus spp.* Under *Zabrotes subfasciatus* (Both., 1833) (Coleoptera : Bruchidae) and *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera : Bruchidae) in two beans species. *Bol. Sanidad Veg. Plagas.*, vol 32 (N°4) : 573-580.
- **BRUNETON J., 1987.** Déments de phytochimie et de pharmacognosie. Paris. Lavoisier, 585p.

Références bibliographiques

- **BRUNETON J., 1993.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Paris, Lavoisier, 623p.
- **BRUNETON J., 1997.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Techniques et Documentation. 3ème Ed. Lavoisier. Paris, 199-388.
- **BRUNETON J., 1999.** Pharmacognosie, Phytochimie, plantes médicinales. 3ième édition. Ed. Tec et Doc., pp.484-535
- **CAMARA A., 2009.** Lutte contre *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) et *Tribolium castaneum* herbst (coleoptera: tenebrionidae) dans les stocks de riz par la technique d'étuvage traditionnelle pratiquée en basse-guinée et l'utilisation des huiles essentielles végétales. Thèse, doctorat, U.N.I.V. Québec, Montréal.154 p.
- **CANTINO P.D., HARLEY R.M., & WAGSTAFF S.J., 1992.** Genera of Labiatae: Status and Classification. Advances in Labiateae Science, Royal Botanic Gardens, pp. 511-522.
- **CASWELL G.H., 1961.** The infestation of cowpea in the Western regions of Nigeria. Trop. Sci.3: pp. 154-159.
- **CHEW F.S., & RODMAN J.E., 1979.** Plant resources for chemical defense. In: Herbivores: Their interaction with secondary plant metabolites, eds. G. Rosenthal & M. Berenbaum, Academic Press, New York, pp. 271-307.
- **CHEW F.S., 1988.** Searching for defensive chemistry in the Cruciferae. do glucosinolates always control interactions of Cruciferae with their potential herbivores and symbionts? No. In: *Chemical Mediation of Coevolution*, ed. C. Spencer. Academic press, San Diego, pp. 81-112.
- **CREDLAND P.F., 1990.** Biotype variations and host plant change in bruchids: cause and effects in the evolution of bruchids pests. Bruchids and legumes: Economics Ecology and coevolution. FUJI K. (ed.); pp. 271- 287.
- **CREDLAND P.F., 1992.** The structure of bruchids eggs may explain the ovicidal effet of oils. *J. Stored Prad. Res.vol. 28, N°1* pp.1-9.
- **CRUZ J.F., TROUDE F., GRIFFON D., & HÉBERT J.P., 1988.** Conservation des grains en régions chaudes, Techniques rurales en Afrique. 2ème éd France, 545p.
- **CSEKE L.J., & KAUFMAN P.B., 1999.** How and why these compounds are synthesized by plants. Pages 37-90 in P.B.
- **CURADO M.A., OLIEIRA C.B.A., JESUS J.G., SANTOS S.C., SERAPHIN J.C., & FERRI P.H., 2006.** Environm ental fators influence on che mical polymorphism of the essential oils of *Lychnophora ericoides*. *Phytochemistry*. 67, 2363-2369.

Références bibliographiques

- **DAGNELIE P., 1975.** Theories and statistical methods. The agronomic press of Gembloux, A. S. B. L. 2 : pp : 245-249
- **DECELLE J., 1981.** Bruchidae related to grain legumes in the perspectives. Biologic survey of Canada Monograph Service N°1: 439p.
- **DECELLE J., 1987.** Les coléoptères nuisibles aux légumineuses alimentaires cultivées dans la région afrotropicale. Colloque sur les légumineuses alimentaires. Univ. de Niamey, 1985. AUPELF ; pp. 188-200.
- **DELOBEL A., & MALONGA P., 1987.** Insecticidal properties of six plant materials against *Caryedon serratus* (Ol.) (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Products Research 23: pp. 173-176.
- **DELOBEL A., TRAN M., 1993.** Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes. ORSTOM/CTA. Faune tropicale 32. Paris. 424p
- **DE LOECKER S., 1982.** Protection des graines emmagasinées de niébé (*Vigna unguiculata* (L.)Walp.). Influence de certains facteurs climatiques et d'extraits de feuilles d'*Azadiruchta indica* A. Juss. sur la bruche du niébé (*Callosobruchus maculatus* (F.)). *Travail de fin d'études*. F.S.A.Gx. 141 p.
- **DE LUCA Y., 1979.** Ingrédients naturels de préservations des graines stockées dans les pays en voie de développement. Journées d'Agriculture Traditionnelle et de Botanique Appliquée, 26 (1) pp. 29-52.
- **DESPHANDE R.S., ADHIKARY P.R., & TIPNIS H.P., 1974.** Stored grain pest control agents from *Nigella sativa* and *Pogostemon heyneanus*. Bull. Grain Technol. 12. 232–234.
- **DESPHANDE R.S., & TIPNIS H.P., 1977.** Insecticidal activity of *Ocimum basilicum* L. Pesticides 11, 11–12.
- **DJOSSOU J., 2006.** Etude des possibilités d'utilisations des formulations à base de fruits secs de *Xylopia aethiopica* Dunal (Annonaceae) pour la protection des stocks de niébé contre *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coléoptera : Bruchidae). Mémoire d'ingénieur agronome à la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux Belgique, 27p.
- **DOMARACKY M., REHAK P., JUHAS S., & KOPPEL J., 2007.** Effects of selected plant essential oils on the growth and development of mouse preimplantation embryos in vivo. *Physiol Res*; 56:97–104
- **DON PEDRO K.N., 1989.** Effects of fixed vegetable oils on oviposition and adult mortality of *Callosobruchus maculatus* (F.) on cowpea. *Internat. Pest Contr.* 31:34-37.

Références bibliographiques

- **DON-PEDRO K.N., 1990.** Insecticidal activity of fatty acid constituents of fixed vegetable oils against *Callosobruchus maculatus* (F.) on cowpea. *Pestic. Sci.* **30** (3): 295-302.
- **DON-PEDRO K.N., 1996.** Investigation of single and joint fumigant insecticidal action of citruspeel oil components. *Pestic. Sci.* **46** : 79-84.
- **DORMAN H.J.D., DEANS S.G., 2000.** Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. - *J. Appl. Microbiol.* **88**, 308-316
- **DUCOM P., 1996.** Lutte chimique contre les insectes des grains stockés. In Manuel Post-Récolte : Principes et Applications en zone tropicale. AUPELF p 105-140.
- **DUGRAVOT S., SANON A., THIBOUT E., & HUIGNARD J., 2002.** Susceptibility of *Callosobruchus maculatus* and its parasitoid *Dinarmus basalis* to two sulphur containing compounds. Consequences on biological control. *Environ. Entomol.* **31**: 550-557.
- **DUGRAVOT S., GROLLEAU F., MACHEREL D., ROCHETAING A., HUE B., STANKIEWICZ M., HUIGNARD J. & LAPIED B., 2003.** Dimethyl disulfide exerts insecticidal neurotoxicity through mitochondrial dysfunction and activation of insect KATP channels. *J. Neurophysiol.* **90**: 259-270.
- **DUNKEL F.V., & SEARS L.J., 1998.** Fumigant properties of physical preparations from mountain big sagebrush *Artemisia tridentate* Nutt. Ssp.- *Journal of Stored Product Research*, **34**: 304-321.
- **EL-GUEDOUI R., 2003** - Extraction des huiles essentielles du Romarin et du Thym. Comportement insecticide des ces deux huiles sur *Rhyzopertha dominica* (Fabricus) (Coleoptera, bostrychidae). Thèse ing., E.N.P., El-Harrach, Alger, 76 p.
- **EVANS D.E., 1977.** Some aspects of acclimatation at low temperatures in the grain weevils *Sitophilus oryzae* (L.) and *S.granarius* (L.) *Aust. J. Ecol.* **2** : 309-318
- **EWETE F. K., ARNASON J. T., LARSON J., & PHILOGENE J.R., 1996.** Biological activities of extracts from traditionally used Nigerian plants against the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **80**: 531-537.
- **FANNY B., 2008.** Effet larvicide des huiles essentielles sur *Stomoxys calcitrans* à la Réunion. Thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire. Université Paul-Sabatier de Toulouse. 78p.
- **FAO, 1990.** Protein quality evaluation. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'Agriculture. 4-3.

Références bibliographiques

- **FARJAN M. A., 1983.** Biodynamics Laboratory of two insect pests of durum: the rice weevil *Sitophilus oryzae* (L) (Coleoptera : Curculionidae) and the lesser grain borer *Rhizopertha dominica* (F) (Coleoptera : Bostrychidae) with application to storage conditions in North Africa. Agro, Institut Agro veterinary HASSAN II, Rabat. p 9.
- **FEENY P., 1977.** Defensive ecology of the Cruciferae. *Ann. Missouri Bot. Garden* **64**: 221-234.
- **FINNEY D.J., 1971.** Statistical Method in Biological Assay, 2nd edition. London: Griffin, 333 p.
- **FRANCHOMME P., & PENOEL D., 1990.** Matière médicale aromatique fondamentale (317-406), livre quatrième, l'aromathérapie exactement, encyclopédie de l'utilisation thérapeutique des huiles essentielles. R.Jollois Edit., Limoge, 446p.
- **FRENCH R.C., 1985.** The bioregulatory action of flavour compounds on fungal spores and other propagules. *Annu. Rev. Phytopathol.*, **23**: 175-199.
- **GARNEAU F.X., 2001.** Notes du cours *Produits naturels*. Département des sciences fondamentales, UQAC, Chicoutimi, Québec. 17p.
- **GBOLADE A.A., & ADEBAYO T.A., 1994.** Protection of stored cowpea from *Callosobruchus maculatus* using plants products. *Insect Sci. Appl.* **15**, 185-189.
- **GEORGE D.R., BIRON J.M., JOLLY G., DUVALLET G., & SPARAGANO O.A.E., 2009.** Mode of action and variability in efficacy of plant essential oils showing toxicity against the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*. *Vet. Parasitol.*, **161**, 276-282.
- **GKINIS G., TZAKOU O., ILIOPOULOU D., & ROUSSIS V., 2003.** Chemical Composition and Biological Activity of *Nepeta parnassica* Oils and Isolated Nepetalactones. *Verlag der Zeitschrift für Naturforschung*, Tübingen, pp :281-286
- **GLITHO I.A., NUTO Y., ATTOR A., SANBENA B., & KONOU K., 1988.** Ecologie et biologie de la reproduction et du développement des Bruchidae parasites des légumineuses alimentaires cultivées au Togo et au Bénin. Rapport "ABN" (Réseau Africain de Biosciences).
- **GLITHO L.A., KETOH K.G., NUTO P.Y., AMEVOIN S.K., & HUIGNARD I., 2008.** Approches non toxiques et non polluantes pour le contrôle des populations d'insectes nuisibles en Afrique du Centre et de l'Ouest. 207-217.
- **GOIX J., 1986.** La bruche du haricot. revue Phytoma- Défense des cultures pp : 48-49

Références bibliographiques

- **GOLOB P., MOSS C., DALES M., FIDGEN A., EVANS J., & GUDRUPS I., 1999.** The use of spices and medicinals as bioactive protectants for grains. FAO agricultural services bulletin No. 137. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome 1999
- **GTZ ., 1980.** Problème de post-récolte, documentation sur un séminaire OUA-GTZ. Typo Druch-Rossdorf de GMH, 0-6101 Rossdorf. Bruchwiesenweg 19. Rep. Fédérale d'Allemagne, 288 P.
- **GUEYE M.T., SECK D., WATHELET J.P., & LOGNAY G., 2011.** Lutte contre les Ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale : synthèse bibliographique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ* .15(1): 183-194.
- **HABIBA K., 2007.** Étude des potentialités d'utilisation d'huiles essentielles pour le contrôle de deux insectes ravageurs des grains *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) et *Sitophilus zeamais* (Coleoptera : Curculionidae) au Nord Cameroun. Thèse de doctorat : Faculté des Sciences, Centre de Recherche sur la Biodiversité, Université Catholique de Louvain (Belgique).
- **HAMRAOUI A., & REGNAULT-ROGER C., 1997.** Comparaison des activités insecticides des monoterpènes sur deux espèces d'insectes ravageurs des cultures *Ceratitidis capitata* et *Rhopalosiphum padi*. *Acta Bot. Gallica*, 144 : pp. 413-417.
- **HARDMAN J.M., 1978.** A logistic model simulating environmental changes associated with the growth of population or rice weevils, *Sitophilus oryzae*, reared in small cells of wheat. 1. *Appl. Ecol.*, 15 : 65-87
- **HARNEY J.W., BAROFSKY LM., & LEARY J.D., 1978.** Behavioral and toxicological studies of cyclopentanoid monoterpenes from *Nepeta cataria*. *Loydia* 41.367-374.
- **HASAN M., KHALEQUZZAMAN M., & EL KHAN A. R., 1989.** Development of *Tribolium irradiale* as larvae of various ages willl gamma rays. *DI/omo/. exp. uppl.*53 :92-94.
- **HAUBRUGE E., SCHIFFERS B.C., VERSTRAETEN C., & FRASELLE J., 1987.** Susceptibilité de *Prostephanus truncatus* à l'égard de deux pyréthrinoïdes. *Annales de l'A.N.P...* Vol. III/III, 6 : 497-505.
- **HAUBRUGE E., LOGNAY G., MARLIER M., DANHIER P., GILSON J.C., & GASPARD C., 1989.** The toxicity of five essential oils extracted from Citrus species with regards to *Sitophilus Zeamais* Motsch (Coleopterae: Curculionidae).

Références bibliographiques

- Prostephanus truncates* Horn (Col. Bostrychidae) and *Tribolium castaneum* Herbst (Col. Tenebrionidae). Meded. Fac. Landbouwwet Rijksuniv Gent, 54, pp: 1083-1093
- **HILL J., & VAN SCHOONHOVEN A., 1981.** Effectiveness of vegetable oil fractions in controlling the Mexican bean weevil on stored beans. J. Econ. Entomol. 74, 478-479.
 - **HINTON H. E., 1949.** A synopsis of the genus *Tribolium* Macleay, with some remarks on the evolution of its species-groups. *Bul entomol. Res.* 39 : 13-55.
 - **HO S. H., KOH L., MA Y., HUANG Y., & SIM K.Y., 1996.** «The oil of garlic, *Alium sativum* L. (Amaryllidaceae), as a potential grain protectant against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch». *Postharvest Biol. Technol.*, 9:41-45.
 - **HOFFMANN A., 1954.** Faune de France. Coléoptères Curculionides. 2ème partie. 1044-1048.
 - **HOFFMANN A., LABEYRIE V., BALACHOWSKY A.S., 1962.** Les Bruchidae. In *Entomologie appliquée à l'agriculture*. A.S.BALACHOWSKY Ed. Masson public 1 : pp. 434-494
 - **HOLLOWAY G.J., 1985.** The effect of increased grain moisture content on some life history characters of *Sitophilus oryzae* (L.) after staining egg plugs with acid fuchsin. *J. Stored Prod. Res.* 21 : 165-169.
 - **HOSSAERT-McKey M., & ALVAREZ N., 2003.** Influence de facteurs écologiques sur la répartition de deux espèces jumelles de ravageurs du haricot, Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Évolutive, Montpellier.
 - **HOWE R.W., 1952.** Notes on the biology of *Trogoderma versicolor* Creutz. *Entomol. Month Mag.* 88: 182-184.
 - **HOWE R.W., & CURRIE J.E., 1964.** Some laboratory observations on the rates of development, mortality and oviposition of several Bruchidae breeding on stored pulses. *Bull. Ent. Res.*, 55 : 437-476.
 - **HUIGNARD J., LEROI B., ALZOUMA I., GERMAIN J.F., 1985.** Oviposition and development of *Bruchidae atrolineatus* Pic and *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) in *Vigna unguiculata* L. Walp cultures in Niger. *Insect Sci. Applic.* Vol.6, pp. 691-699.
 - **HUIGNARD J., 1998.** Lutte biologique contre les Bruchidae, ravageurs du niébé en Afrique de l'ouest, rapport soumise a la commission européenne STD-3 (1992-1995), publier par CTA p : 142.

Références bibliographiques

- **MODGIL R., & MEHTA U., 1997b.** Effect of oil treatments against the infestation of *Callosobruchus chiensis* (L). on the levels of vitamins in stored legumes. Nuhung 41(3) : 167-169
- **MONGE G.P., GERMAIN J.F., & HUIGNARD J., 1988.** Importance des variations thermiques sur l'induction de la diapause reproductrice chez *B.atrolineatus* Pic. (Coleoptera: Bruchidae). Ecology and coevolution. Kluwer Academic Publishers. 91-100.
- **MONGE J.P., OUEDRAOGO A.P., 1990.** Déterminisme du polymorphisme imaginal chez *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae). Dourdan, France. Ed. INRA, 1990. Les colloques de l'INRA N°52.
- **MORENO-RODRIGUEZ JF., SOTOMENDIVIL E.A., 2006.** Chemical composition and fungicidal activity of the essential oil of *T.vulgaris* against *Alternaria citri* Z.Gnosis.4(16).
- **NAGHIBI F., MOSADDEGH M., MOTAMED S-M., & GHORBANI A., 2005.** Labiatae Family in folk Medicine in Iran: from Ethnobotany to Pharmacology. Iranian Journal of Pharmaceutical Research. 2. 63-79.
- **NDOMO A.F., TAPONDJOU A.L., TENDONKENG F., TCHOUANGUEP F.M., 2009.** Evaluation des propriétés insecticides de feuilles de *Callistemon viminalis* (Myrtaceae) contre les adultes d'*Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coléoptera; Bruchidae). Tropicultura. 27(3) : 137-143.
- **NGAMO TINKEU L.S., NGASSOUM M-B., JIROVETZ L., OUSMAN A., NUKENINE E.C., & MUKALA O., 2001.** Protection of stored maize against *Sitophilus zeamais* (Motsch.) by use of essential oils of spices from Cameroon. Medlinden Faculteit Landbouww Universiteit Gent. 66/2a: 473-478.
- **NGAMO L.S.T., & HANCE T., 2007.** Diversité des ravageurs des denrées et méthodes alternatives de lutte en milieu tropical. Tropicultura. 25 (4): 215-220
- **NGAMO INKEU L.S., GOUDOUM A., NGASSOUM M.B., MAPONGMETSEM, LOGANEY G., MALAISSE F., & HACENE T., 2007.** Chronic toxicity of essential oils of 3 local aromatic plants towards *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coléoptera: Curculionidae). African Journal of Agricultural Research. 2 (4): 164-167.
- **NOUDJOU-WANDJI F., 2007.** Utilisation des huiles essentielles pour la protection des grains contre les insectes ravageurs au nord du Cameroun. Thèse de doctorat : Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux (Belgique).

Références bibliographiques

- **NTEZURUBANZA L., 2000.** «Les huiles essentielles du Rwanda». LASEVE-UQAC, Chicoutimi, Québec. 17p.
- **OBENG-OFORI D., REICHMUTH C.H., BEKELE & HASSANALI A., 1997.** Biological activity of 1,8-cineole, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobeingira) against stored product beetles. *J. Appl. Entomol.*, 121. 237-243.
- **OFUYA., 1990.** «Oviposition deterrence and ovicidal properties of some plants powders against *Callosobruchus maculatus* F. in stored cowpea *Vigna unguiculata* seeds». *J Agric. Sc. Camb.*, 115 : 343-345.
- **OGENDO J.O., DENG AL., BELMAIN S.R., WALKER DJ., & MUSANDU AAO. 2004.** «Effect of Insecticidal Plant Materials, *Lantana camara* L. and *Tephrosia vogelii* Hook, on the Quality Parameters of Stored Maize Grains». *Journal of Food Technology in Africa* 9, 1: 29-35.
- **OGENDO J.O., KOSTYUKOVSKY M., RAVID U., MATASYOH J.C, DENG A. L., OMOLO E.O., KARIUKI S.T. & SHAYA E. 2008.** Bioactivity of *Ocimum gratissimum* L. oil and two constituents against five insect pests attacking stored food products. *Journal of Stored Products Research* 44:328
- **OJIMELUKWE P.C., & ADLER C., 1999.** Potential of Zimtadehyde, 4-allyl-anisol, linalool, terpineol and other phytochemicals for the control of confused Flour Beetle (*Tribolium confusum* J.D.V.) (Col: Tenebrionidae). *Journal of Pest Science.* 72: 81-86.
- **OSUJI F.N.C., 1982.** Development of the lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica*, in maize kernels as affected by site of larval entry. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 31: 391–394.
- **OUEDRAOGO P.A., MONGE J.P., & HUIGNARD J., 1990.** Importance of temperature and seed water content on the induction of imaginal polymorphism in *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae). *Ent. Exp. Appl.* 59: p.66
- **OUEDRAOGO P.A., 1991.** Le déterminisme du polymorphisme imaginal chez *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera : Bruchidae), son importance sur la biologie de cette bruche. Thèse Doctorat. Univ. Tours (France); 197p.
- **OURAINI D., AGOUNI A., ALAOUI M.I., ALAOUI K., ALAOUI M.A & BELABBAS M.A., 2007.** Activité antifongique de l'acide oleique et des huiles essentielles de *Thymus saturjoides* L. et de *Mentha pulegium* L. comparé aux antifongiques dans les *Dermatses nyosiques*. *Phetothérapie*. 1 : 6

Références bibliographiques

- **PAPACHRISTOS D.P., STAMOPOULOS D.C., 2002.** Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *J. Stored Prod. Res.* 38 : 117-128.
- **PAUL U.V., LOSSINI J.S., EDWARDS P.J., & HILBECK A., 2009.** Effectiveness of products from four locally grown plants for the management of *Acanthoscelides obtectus* (Say) and *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (both Coleoptera: Bruchidae) in stored beans under laboratory and farm conditions in Northern Tanzania. *J. Stored Prod. Res.*, 45, 97-107.
- **PAULIAN R., 1988.** Biologie des Coleopteres. edi. Lechevalier, Paris. pp : 196-341.
- **PICHARD B., LEROI B., & BONET A., 1991.** Comparison of the cycles of *Acanthoscelides obtectus* and *Acanthoscelides obvelatus* coleoptera bruchidae from tepoztlan mexico. *Acta Oecologica.* 12(2): 185-202
- **PIERRE A., 2004.** Huiles essentielles et insectes ravageurs: Tests en labo et sur Terrain. *Acta Bot. Gallica*, 2003, 150: 267-274.
- **POTTER C. 1935.** The biology and distribution of *Rhyzopertha dominica* (Fab.). *Transactions and proceedings of the society*, 83: 449 – 482
- **PRABUSEENIVASAN S., JAJACUMAR M., & IGNACIMUTHUS S., 2006.** In vitro antibacterial activity of some plant essential oil. *Biomed central complémentart and Alternative Medecine.* 6 (39).
- **PRATES H.T., SANTOS J.P., WAQUIL J. M., FABRIS, J. D., OLIVEIRA A. B. & FOSTER J., 1998.** Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F) and *Tribolium castaneum* (H). *The Journal of Stored Products Research*, 34: 243-249.
- **QUEZEL P., & SANTA S., 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome I. Paris. CNRS, 1-558 p.
- **QUEZEL P., & SANTA S., 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II, Ed. CNRS, Paris.
- **RAJA N., ALBERT S., IGNACIMUTHU S., & DORN S., 2001.** Effect of plant volatile oils in protecting stored cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walpers against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) infestation. *J. Stored Prod. Res.* 37, 127–132.
- **RAJAPAKSE R .H. S., SENANAYAKE S. G. J. N., & RATNASEKERA D., 1998.** Effect of four botanicals on oviposition, adult emergence and mortality of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) infesting cowpea, *Vigna*

Références bibliographiques

- unguiculata* L. Walp. J. Entomol. Res. 22, 117–122.
- **RATNADASS A., 1984.** Les entomological problems associated with storage of peasant food in Ivory Coast. technical Note N° 6 /841/CV IDESSA, 47 p.
 - **REDDY A. V & SNGH R P., 1998.** Fumigant toxicity of neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) seed oil volatiles against pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Col., Bruchidae), J Appl. Ent, vol 122 : 607-611.
 - **REES P.D., 1996.** Coleoptera. In: integrated Management of insect in stored Products. pp.1-39.
 - **REGNAULT-ROGER C., & HAMRAOUI A., 1993.** Efficiency of plants from the south of France used as traditional protectants of *Phaseolus vulgaris* L. against its bruchid *Acanthoscelides obtectus* (Say). J. stored Prod. Res., 29, 259-264.
 - **REGNAULT -ROGER C., HAMRAOUI A., HOLEMAN M., THERON E., & PINEL R., 1993.** Insecticidal effect of essential oils from mediterranean plants upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera : Bruchidae), a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Chem. Ecol., 19: 1233-1244.
 - **REGNAULT-ROGER C., & HAMRAOUI A., 1995.** Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera), bruchid of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J Stored Prod res*, **31**: 291-299.
 - **REGNAULT-ROGER C., 1997.** The potential of botanical essentials oils for insect pest control. *Int Pest Manag Rev*, 2: 1-10.
 - **REGNAULT-ROGER C., & HAMRAOUI A., 1997.** Lutte contre les insectes phytophages par les plantes aromatiques et leurs molécules allélochimiques. Ed Acta botanica Gallica, 144 (4): 401-412.
 - **REGNAULT-ROGER C., 2002.** De nouveaux phytoinsecticides pour le troisième millénaire? In : Biopesticides d'origine végétales, ed Tec & doc. Londres-Paris-New York. pp. 19-39
 - **REGNAULT-ROGER C., PHILOGÈNE B.J.R., & VINCENT C., 2008.** Biopesticides d'origine végétale, 2ème édition, Lavoisier, Paris. édition, 550p.
 - **REHDER A., 1927.** Pseudocytisus and vella. J. Arnold arbor. Harv. Univ. 8: 22-24
 - **RICHARD H., 1992.** Epices et aromates. Ed. dec et doc Lavoisier. collection science et techniques alimentaires. Paris. 339 p
 - **RICHTER G., 1993.** " Métabolisme des végétaux" Physiologie et biochimie, Presses polytechniques et universitaires, Romandes, 292p

Références bibliographiques

- **RISBEC J., 1950.** La faune entomologique des cultures au Sénégal et au Soudan français. Tome I
- **RODGERS P.B., 1993.** Potential of Biopesticides in Agriculture. *Pestic. Sci.* 117-129.
- **ROTA MC., & HERREA MARTNEZ C., 2008.** Antibacterial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *T.zygis* and *T.lymolis* essential oils. *Food.control.* 19 : 681- 687
- **RUSSEL M. P., 1966.** Influence of rice variety on oviposition and development of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* and maize weevil, *S. zeamais*. *Ann. Ent. Soc. Am.* 61 : 1335-1336.
- **SÁNCHEZ-MARIÑEZ R. I., CORTEZ-ROCHA M. O., ORTEGA-DORAME F., MORALES-VALDES M., & SILVEIRA M. I., 1997.** End-Use Quality of Flour from *Rhyzopertha dominica* Infested Wheat. *The American Association of Cereal Chemists, Inc. Vol. 74, No. 4, P.486.*
- **SANON A., GARBAB M., AUGERB J. & HUIGNARD J., 2002.** Analysis of the insecticidal activity of methylisothiocyanate on *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae). *J. Stored Prod. Res.*, 38, 129-138.
- **SCHIFFERS B.C., FRASELLE J., HAUBRUGE E. & VERSTRAETEN CH., 1987.** Etude de la persistance d'efficacite de quelques insecticides a l'egard de trois coleopteres des denrees entreposees (*Acanthoscelides obtectus* Say (Bruchidae), *Trogoderma granarium* Everts (Dermestidae) et de *Prostephanus truncatus* Horn. (Bostrichidae)). *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent*, 52, 507-514.
- **SCHIFFERS B., VERSTRAETEN C., & HAUBRUGE E., 1989.** Aperçu des problèmes entomologiques dans les denrées emmagasinées en Wallonie et moyens de lutte proposés. *Parasitica*, 44: 37-43.
- **SCHMIDT G.H., RISHAE M., NAHAL A.K.M., 1991.** Reduction of progeny of some stored-products Coleoptera by vapours of *Acorus calamus* oil. *J. Stored Prod. Res.* (27) 121-127.
- **SECK D., SIDIBE B., HANDRUGE E., & GASPARD C., 1991.** Protection of stores of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp at farm level: the use of different formulations of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) from Senegal. *Med. Fac. Landbouwwet. Univ. Gent* 56, 1217–1224.
- **SECK D., 1993.** Développement de méthodes alternatives de contrôle des principaux insectes ravageurs des denrées emmagasinées au Sénégal par l'utilisation de plantes indigènes. Thèse de doctorat : Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux (Belgique).

Références bibliographiques

- **SECK D., LONGNAY G., HAUBRUGE E., WATHELET J.P., MARLIER M., GASPAR C., & SEVERIN M., 1993.** Biological activity of the shrub *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam ex Poir. (Capparaceae) on stored grain insects. *J. Chem. Ecol.*, 19(2), 377-389.
- **SECK D., 1994.** Développement de méthodes alternatives de contrôle des principaux insectes ravageurs des denrées emmagasinées au Sénégal par l'utilisation de plantes indigènes. Thèse de Doctorat à la Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux, 192 p.
- **SEGROVE F., 1951.** Oviposition behaviour in two strains of the rice weevils, *Calandra oryzae* (L) (Coleoptera : Curculionidae). *J. Exp. Biol.* 28 : 281-297.
- **SEMBENE M., 2000.** Variabilité de l'espaceur interne transcrit(ITS1) de l'ADN ribosomique et polymorphisme des locus microsatellites chez la bruche *Caryedon serratus* (olivier) : différenciation en races d'hôtes et infestation de l'arachide au Sénégal. Thèse de doctorat d'état des sciences à l'université Cheikh anta Diop de Dakar, 180p.
- **SERI-KOUASSI B. P.; KANKO C., ABOUA L.R. N., BEKON K. A., GLITHO A. I., KOUKOUA G., & GUESSAN Y.T., 2004.** Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte-d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F. du niébé. *C. R. Chimie* 7: 1043–1046.
- **SERPEILLE A., 1991.** La bruche du haricot : un combat facile ? Bulletin semences N° 116, Ed : FNAMS, Paris, pp : 32-34.
- **SHAAYA E., RAVID U., PASTER N., JUVEN B., ZISMAN U., & PISSAREV V., 1991.** Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *J. Chem. Ecol.* 17, 499–504.
- **SHAAYA E., KOSTJUKOVSKI M., EILBERG J. & SUKPRAKARN C., 1997.** Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *J. Stored Prod. Res.* 33, 7–15.
- **SIEMENS D.H., & MITCHELL-OLDS T., 1998.** Evolution of pest-induced defenses in Brassica plants: Tests of theory. *Ecology* 79: 632-646.
- **SINGH B.B., SINGH S.R., 1992.** Sélection du niébé résistant aux bruches. La recherche à l'IITA, N°5 Septembre 1992. pp. 1-5.
- **SINHA R. N., & WATTERS F. L., 1985.** Insectes nuisibles des minoteries, des silos éleveurs, des usines à provende et méthodes de désinfection. Direction Générale de la Recherche Agriculture Canada, Ottawa, 311 p.
- **SOUTHGATE E. B. J., 1979.** Biology of the bruchidae. *Ann. Rev. Entomol.* (24). pp. 449-473.

Références bibliographiques

- **SOWUNMI O. E., & AKINNUSI O. A., 1983.** Studies on the use of the neem kernel in the control of stored cowpea beetle *Callosobruchus maculatus*. Trop. Grain Leg. Bull. 27 : 28-31
- **STEFFAN J. R., 1964.** Les larves de *Megistopus flavicornis* (Rossi), *Creoleon lugduense* (Villers), *Neuroleon ocreatus* (Navás) et *N.nemausiensis* (Borkh.) (Planipennes, Myrmeleontidae). Vie et Milieu 15:693-707. 14 figures.
- **STEFFAN J. R., 1978.** Description et biologie des insectes, 1-65. In Scotti, G. Les insectes et les acariens des céréales. AFNOR/ITCF, Paris, 238 p.
- **STEMLY P.G., & WILBUR D.A., 1966.** A colour characteristic of sexing live adult lesser grain borers. Journal of Economic Entomology, 54: 706– 761.
- **TADA M., HIROE Y., KIYOHARA S., & SUZUKI S., 1988.** Nematicidal and antimicrobial constituents from *Allium grayi* Regel and *Allium fistulosum* L. var. *caespitosum*. Agric. Biol. Chem., 52, 2383-2385.
- **TAHERI M.S., 1996.** Investigations on the host preference of *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) and its comparative biology on different varieties of chickpeas in Iran. Appl. Ent. Phytopath. 63: 1-2.
- **TAPONDJOU A.L., BOUDA H., FONTEM D.A., ZAPFACK L. LONTSI D., & SONDEGAM B.L., 2000.** Local plants used for traditional stored product protection in the Menoua Division of the western highlands of Cameroon. Integrated Protection of Stored. Products IIOBC Bulletin, 23: 73-7.
- **TAPONDJOU L.A., ADLER C., BOUDA H., & FONTEM D.A., 2002.** Efficacy of powder and essential oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectants against six-stored product beetles. J. Stored Prod. Res., 38, 395-402.
- **TAPONDJOU L.A., ADLER C., BOUDA H., & FONTEM D.A., 2003.** Bioefficacité des poudres et des huiles essentielles des feuilles de *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* à l'égard de la bruche du niébé, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera, Bruchidae). Cahiers Agricultures, 12 (6): 401-407.
- **TAPONDJOU A.L., ADLER C., FONTEM D.A., BOUDA H., & REICHMUTH C., 2005.** Bioactivities of cymol and essential oils of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* duval. Journal of Stored Products Research, N°41, pp. 91-102
- **TAYLOR TA., 1981.** Distribution, ecology and importance of bruchids attacking grain legumes in Africa. Series Entomologica ; 19 : 199-203.

Références bibliographiques

- **TCHAMOU K.S., 1995.** Impact des hyménoptères parasitoïdes: *Dinarmus basilis* R. et *Eupelmus vuilleti* Craw ; sur les populations de *Callosobruchus maculatus* F. dans un système de stockage de niébé : *Vigna unguiculata* L. Walp. Mémoire de D.E.A. de Biologie de Développement. Univ. du Bénin. Lomé-Togo ; 54p
- **TCHOKOSSI E.Y., 1995.** Conditions d'induction de la quiescence reproductrice chez *Callosobruchus maculatus* F. la bruche du niébé (*Vigna unguiculata* Walp). dans un système de stockage en zone Guinéenne. Mémoire de D.E.A. de Biologie de Développement ; Univ. du Bénin, Lomé-Togo ; 44p.
- **TEUSCHER ANTON R., LOBSTEIN A., 2005.** Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Paris, Lavoisier, 522p
- **THIAM B., & DUCOMMUN G., 1993.** Protection naturelle des végétaux en Afrique. ENDA, Tiersmonde, Dakar. 213p.
- **THOMSON V., 1966.** The biology of the lesser grain borer *Rhizopertha dominica* (Fab). Bull. Grain. Tec., 4, 4, 163-168.
- **TUNÇ I., BERGER B. M., ERLER F., & DAGLI F., 2000.** Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insects. J. Stored Prod. Res. 36, 161–168
- **UBERA J. L., & VALDÉS B., 1983.** Révision del género *Nepeta* (Labiatae) en la Peninsula Ibérica e Islas Baléares. Lagasalia 12: 3-80.
- **UTIDA S., 1954.** Phases dimorphism observed in the laboratory population of the cowpea weevil. (*Callosobruchus maculatus*). Jap. J. of Eco, 161-168.
- **UTIDA S., 1981.** Polymorphism and phase dimorphism in *Callosobruchus maculatus*; In: The ecology of Bruchids attacking legumes. Ed. by Labeyrie, Junk, The Hague, pp.143-47.
- **VALDES B., TALAVERA S., & FERNANDEZ-GALIANO E., 1987.** Flora vascular d' Andalusia Occidental (Scrophulariaceae). 2. Barcelona: Ketres, 486-547.
- **VALERO M., & FRAANCÉS E., 2006.** Synergistic bactericidal effect of carvacrol cinnamaldehyde or thymol and refrigeration to inhibit *Bacillus cereus* in carrot broth. Food Microbiology . 23: 68-73.
- **VALNET J, 1984.** L'Aromathérapie. éd. Livre de Poche.
- **VAN HUIS A., 1991** -Biological Methods in Bruchid Control in the Tropics : Review. Insect sci. Appl. 12, pp : 87-102.
- **VARMA B. K., & PANDEY O. P., 1978.** Treatments of stored greengram seed with edible oils for protection from *Callosobruchus maculatus* (F.). Indian J. Agric. Sci. 48 (2), pp :72–75.

Références bibliographiques

- **VINCENT C., PANNETON B., FLEURAT- LESSARD F., 2000.** La lutte physique en phyloprotection. Paris : Inra Éditions: 265-76.
- **WEAVER D.K., DUNKEL F.V., NTEZURUBANZA L., JACKSON L.L., & STOCK D.T., 1991.** The efficacy of linalool, a major component of freshly-milled *Ocimum canum* Sims (Lamiaceae), for protection against postharvest damage by certain stored product Coleoptera. J. Stored Prod. Res. 27 : 213-230.
- **WIGHTMAN J.A., & SOUTHGATE B. J., 1982.** Egg morphology, host and probable regions of origin of the bruchids *Coleoptera : Bruchidae* that infest stored pulses-an identification aid. New Zealand Journal of Exp. Agric. Vol. 10 p.95-99.
- **YADI H., 1987.** Qualitative criteria and technology associated with the proliferation of rice weevil. *Sitophilus oryzae*(L) (Coleoptera : Curculionidae) in a stock of paddy rice in its storage in sealed enclosures under modified atmospheres and conditions of tropical climate. Diploma Agro. App. Bordeaux 29p.
- **YAHYAOU N., 2005.** Extraction, analyse et évaluation de l'effet insecticide des huiles essentielles de *Mentha spicata L* sur *Rhyzopertha dominica (F.)* (Coleoptera, Bostrychidae) et *Tribolium confusum* (Duv.) (Coleoptera, Tenebrionidae). Thèse de Magister en sciences agronomiques, option Ecologie, INA, El-Harrach, 95 p.

Evaluation of the Insecticidal Activity of the Aerial Part of *Pseudocytisus integrifolius* (Salisb) Rehder on Grain Borer, *Rhyzopertha dominica* Fab. (Bostrychidae) and Wheat Weevil, *Sitophilus granarius* Linn. (Curculionidae)

Kassemi Naima¹, Khelil Mohamed Anouar¹ and Bendimerad Nassima²

1. Research Laboratory Valuation of Human Actions for Environmental Protection and Enforcement in Public Health, Department of Biology and Environment, Faculty of Science, University Abou Bakr Belkaïd, Tlemcen 13000, Algeria

2. Natural Products Research Laboratory, Faculty of Science, University Abou Bakr Belkaïd, Tlemcen 13000, Algeria

Received: December 21, 2012 / Accepted: March 21, 2013 / Published: July 30, 2013.

Abstract: This study aims to evaluate the potentialities of *Pseudocytisus integrifolius* (Salisb) Rehder. (Brassicaceae) as a botanical insecticide for the protection of stored wheat against two pests of stored grain. The essential oil of *Pseudocytisus integrifolius* was tested at different doses on adults of *Rhyzopertha dominica* Fab. (Bostrychidae) and *Sitophilus granarius* Linn. (Curculionidae), at a temperature of 28 °C and a relative humidity of 75%. This oil has insecticidal activity and gives, for the studied adults, a very significant reduction. The essential oil extracted from *Pseudocytisus integrifolius* is toxic on *Rhyzopertha dominica* with LD₅₀ = 2.61 µL/30g grain and LD₅₀ = 3.99 µL/30g grain for *Sitophilus granarius*, the chemical composition analysis shows the richness of the essential oil compounds known for their insecticidal properties as dimethyl disulfide (DMDS) and dimethyl trisulfide explains the results.

Key words: Plant protection, insecticidal activity, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus granarius*, *Pseudocytisus integrifolius*, DMDS.

1. Introduction

Globally, cereal stocks losses are estimated at over 100 million tons of which 13 million are due to insects. In Africa, these losses reach often 30%, and, in developed countries, they are around 3% [1].

Insect damage in stored food grains pose the greatest challenge to the provision of quality food with 10-60% losses in countries where modern storage technologies are yet to be fully adopted [2, 3].

The magnitude of loss is dependent upon the insect species involved, storage duration and pest control methods among other factors. In the tropics, the

gelechiid moths and coleopteran beetles are the major insect pests of stored cereal and legume grains with *Sitotroga cerealella* Olivier, *Sitophilus* spp., *Prostephanus truncatus* Horn, *Rhyzopertha dominica* F., *Tribolium castaneum* Herbst, *Acanthoscelides obtectus* Say and *Callosobruchus* spp. being the most destructive species [3, 4].

Currently, recommended pest control measures in durable stored food products rely heavily on use of synthetic insecticides which pose possible health hazards to warm-blooded animals, risk of environmental pollution, development of resistance by insects and pest resurgence [2].

The extent of damage caused by the beetles in grain is in connection with their feeding behavior. Indeed, pests, the best suited to mechanical disturbances that

Corresponding author: Kassemi Naima., M.Sc., assistant professor, research field: economic entomology. E-mail: proenv2007@yahoo.fr.

occur during storage, live inside the grains or simply need grains necessarily to survive. This is the wheat weevils (*Sitophilus granarius*) and grain borer (*Rhyzopertha dominica* etc.).

Grain weevils are generally among the most damaging insects during storage or conservation [5].

Unlike many storage insects, the damage of *Rhyzopertha* caused by the larvae as well as by the very voracious adults, sparing almost no grain [6].

Stored products are generally protected by the application of insecticides or fumigators. But the presence, in food, of toxic residues and the appearance of strains of insects resistant to these insecticides are becoming more frequent.

In the search for alternative control methods, the plant kingdom offers many possibilities. Many studies are currently being developed to isolate or identify secondary substances extracted from plants that have insecticidal, repellent or anti-appetent vis-à-vis the insects. Some of these compounds have been isolated from products used in food [7].

The compounds allelochimic, in particular essential oils, were the subject of many research in order to reduce the losses caused by the devastating insects of the grains stored by their insecticidal effects [8, 9]. The sulfur substances characteristic of crucifers (Glucosinolates, Isothiocyanates) play an essential role in plant defense against external aggression [10].

We observed that the essential oil of the aerial part of *P. integrifolius* contains insecticidal compounds.

The present study therefore consisted of extraction and chemical characterization of *P. integrifolius* essential oils then evaluation of their insecticidal effects in relation to the grain borer (*R. dominica*) and wheat weevil (*S. granarius*).

2. Materials and Methods

2.1 Plant Material

The plant, *P. integrifolius*, was collected in western Algeria (South of Tlemcen). The aerial part was dried

in the laboratory at room temperature (26-28 °C) for 8 days.

2.2 Breeding of the Insect

The mass rearing for obtaining adult *R. dominica* and *S. granarius* for bioassays were conducted in glass containers (15.5 cm and 8 cm in diameter) containing grains of durum wheat (*Triticum durum*), which were covered by a fine mesh cloth for ventilation. The cultures were maintained in an oven set at a temperature of 28 °C and a relative humidity of 75%. Strains of insects used were those of the grain and vegetable cooperative (Abu Tachfine cooperative, Tlemcen, Algeria).

2.3 Witness Breeding

We mixed 1 mL acetone with 30 g of durum wheat grains in petri box. After evaporation of solvent, we introduced 20 adult insects not sexed and aged less than 2 days with four repetitions.

2.4 Test Essential Oil *P. integrifolius*

For bioassays, durum wheat grains, which have not been chemically treated, come from a warehouse in the region of Tlemcen. These were carried out in an oven at temperature and relative humidity maintained at 28 °C and 75%, respectively.

For each test, 1 mL of acetone solution, containing each of essential oils at 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 µL/mL of acetone, was added to 30 g of grains contained in Petri dishes, and then all was well mixed. The tests were repeated 4 times for each dose. All boxes were infested with 20 adult insects not sexed and aged less than 2 days. Counts of dead insects are made every 24 hours for a period of six days, the observed mortality is expressed after correction by Abbott's formula [11].

$$P_c = \frac{P_o - P_t}{100 - P_t} \cdot 100$$

where: P_c : corrected mortality in %; P_t : mortality observed in the control; P_o : mortality observed in

the test.

LD₅₀ values were calculated for the toxicity of essential oil in the beans. Thus, the mortality percentages were transformed into probit units and the values obtained were correlated with the logarithm of the doses to obtain the lethal dose for 50% of the population of insects, for each plant material to test [12].

2.5 Data Statistical Analysis

The results are to be tested for the variance to two classification criteria, useful for studying the action of two factors [13].

This type of analysis was used to test the effect of dose and exposure duration of essential oils on the rate of the insect mortality.

Statistical analysis was performed with Microsoft Office Excel 2007.

3. Results and Discussion

The mortality rate of adult (*R. dominica* and *S. granarius*) exposed to essential oils *P. integrifolius*, is increasing as a function of dose and duration of exposure.

3.1 Effect of Essential Oils on the Mortality of *R. dominica*

Depending on the dose factor in essential oil, statistical analysis showed that there is a highly significant variation between the mortality rates of the Grain borers with $F = 197.42$ for $P = 3.43 \times 10^{-26}$.

Depending on the factor duration of exposure, statistical analysis showed a difference between the mortality rates of the lesser grain borers with $F = 22.13$ for $P = 6.02 \times 10^{-10}$.

So, there is a variation on the grain borers mortality rate, which depends on the dose used and of exposure duration of *P. integrifolius* essential oils.

3.2 Effect of Essential Oils on the Mortality of *S. granarius*

The mortality rate among *S. granarius* adults

increased significantly by using essential oil *P. integrifolius* tested against a control.

Depending on the dose factor in essential oil, there is significant variation between the mortality of weevils with $F = 23.61$ for $P = 5.6548 \times 10^{-11}$.

Depending on the duration of exposure factor, statistical analysis showed a difference between the mortality rate of bruchids with $F = 158.51$ for $P = 8.28 \times 10^{-28}$.

The transformation of mortality percentage after two days of exposure in probit and the regression of these data against the logarithm of the of essential oils dose, yielded the following equations:

Rhyzopertha dominica

$$Y = 3.76967 + 2.94583x \quad (R^2 = 57.1\%)$$

LD₅₀ values determined from these equations were 2.58 µL/30g of grain

Sitophilus granarius

$$Y = 3.34364 + 2.75769 \quad (R^2 = 47\%).$$

LD₅₀ values determined from these equations were 3.99 µL/30g of grain.

3.3 Discussion

Our results show that there is a variation on the lesser grain borers and weevils mortality rate which depends on the dose and exposure duration of *P. integrifolius* essential oils.

Chemical analysis of the essential oil of the aerial part shows a high content of sulfur compounds (58.5%).

The *P. integrifolius* essential oil contains components known for their insecticidal properties; this is the case of dimethyl disulfide (DMDS), Pent-4-enenitrile and dimethyl trisulfide (DMTS).

Many studies have reported the insecticidal potential of sulfur compounds from the alliaceae.

These molecules are mainly disulfides: dimethyl disulfide (DMDS), dipropyl disulfide (DPDS) and diallyl disulfide (DADS).

Toxicity tests conducted on different insect species have shown that sulfur volatiles emitted by these

Acknowledgments

The author is grateful to Professor Bouazza Mohammad, Laboratory of Ecology and Management of Natural Ecosystems, Abou Bekr Belka University, Tlemcen (Algeria) for his vital encouragement and support.

References

- [1] S. Bulot. Treatment map for stored grain. *Seeds and Progress* 63 (1990) 140-142.
- [2] E. Shaaya, M. Kostjukovski, J. Eilberg, C. Sukprakarn. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *J. Stored Prod. Res.* 33 (1997) 7-15.
- [3] J.O. Ogendo, A.L. Deng, E.O. Omolo, J.C. Matasyoh, I.M. Tabu. Grain pests management practices in subsistence agriculture: A case of farmers in Suba District, Nyanza Province, Kenya. Farm Survey Report, 2003. (AICAD Grant No. AICAD/RD-07/SED/02-001).
- [4] J. Gressel, A. Hanafi, G. Head, W. Marasas, A.B. Obilana, J. Ochanda, et al., Major heretofore intractable biotic constraints to African food security that may be amenable to novel biotechnological solutions. *Crop Protection* 23 (2004) 661-689.
- [5] H. Yadi. Qualitative criteria and technology associated with the proliferation of rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) in a stock of paddy rice in its storage in sealed enclosures under modified atmospheres and conditions of tropical climate. Diploma Agro. App. Bordeaux, 1987, p. 29.
- [6] G.H. Schmidt, E.M. Risha, A.K.M. Nahal, Reduction of progeny of some stored-products Coleoptera by vapours of *Acorus calamus* oil. *J. Stored Prod. Res.* 27 (1991) 121-127.
- [7] E.P. Lichtenstein. Insecticides occurring naturally in crps. *Adv. Chem. Ser.* 53 (1966) 34-38.
- [8] L.A. Tapondjou, C. Adler, H. Bouda, D.A. Fontem. Effectiveness of organic powders and essential oils of the leaves of *Chenopodium ambrosioides* et *Eucalyptus saligna* against pulse beetle, *Callosobruchus maculatus* Fab. (Coleoptera: Bruchidae). *Cahiers Agricultures* 12 (6) (2003) 401-407.
- [9] A. Kellouche. Study of the weevil chickpea, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: bruchidae); Biology, physiology, reproduction and control. Thesis doc. d'état., Univ. Tizi-Ouzou, Algérie, 2005, p. 154.
- [10] W.S. Abbott. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal Ecological Entomology* (18) (1925) 265-267.
- [11] D.J. Finney. *Statistical Method in Biological Assay*. 2nd ed., Griffin, London, 1971, p. 333.
- [12] P. Dagnelie. *Theories and statistical methods*. The Agronomic Press of Gembloux, A.S.B.L. 2 (1975) 245-249.
- [13] S. Dugravot. The secondary sulfur compounds of *Allium*: Role in the defense systems of Leek and Actions on the Biology of Insects. Thesis. Doc. Univ de Tours, 2004.
- [14] Q. Li, S.D. Eigenbrode, G.R. Stringham, M.R. Thiagarajah. Feeding and growth of *Plutella xylostella* and *Spodoptera eridania* on *Brassica juncea* with varying glucosinolates concentrations and myrosinase activities. *J. Chem. Ecol.* 26 (2000) 2401-2419.
- [15] A. Retzka, H. Vogel, D.J. Kliebenstein, T. Mitchell-Olds, J. Kroymann. Disarming the mustard oil bomb. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99 (2002) 11223-11228.
- [16] J. Auger, F. Cadoux, E. Thibout. *Allium spp.* thiosulfates as substitute fumigants for methyl bromide. *Pesticide Science*. Elsevier Applied Science Publisher, Barking, GB 55 (2) (1999) 200-202.
- [17] A.R. Entwistle, P.R. Merriman, H.L. Munasinghe, P. Mitchell. Di-allyl Di-sulfide to reduce the numbers of *Sclerotium cepivorum* in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 3 (1982) 229-232.
- [18] N. Bendimered. Study of essential oils *Pseudocytisus integrifolius* (Salisb) Rehder and *Sinapis arvensis* L., Crucifer of the western region of Algeria. Demonstration of compounds and nutritional consequences. Thesis. Doc. of state. Univ. Abou Bekr Belkaid, 2006, p. 152.

المخلص

الزيوت الأساسية و مسحوق الأوراق المستخرجة من نباتين عطريين *P.integrifolius* و *N.nepetella* قد اختبرت على الحشرات *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum* بتقييم بعض العوامل البيولوجية لأفات المخازن. الوفيات بين الحشرات البالغة، خصوبة الإناث و ظهور الحشرات البالغة. الاختبارات كانت باستعمال نوعين من العلاج: الاتصال و الاستنشاق باستعمال المواد الغذائية المعالجة في ظروف المختبر.

تشير النتائج إلى أن المساحيق و الزيوت المستخرجة من *P.integrifolius* و *N.nepetella* لها تأثير سام متفاوت على الحشرات الخمس التي شملتها الدراسة. أثبتت جميع الاختبارات أن الزيوت و المساحيق المستخرجة من *N.nepetella* أكثر فعالية ضد آفات المخازن المدروسة و لها خصائص المبيدات الحشرية ضد *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius* و مبيدات اليرقات بالنسبة لـ *Rhyzopertha dominica* و مبيدات اليرقات بالنسبة لـ *Tribolium castaneum*, في الوقت نفسه تأثر على عدد البيض الذي وضعته إناث الحشرات و ظهور البالغين للحشرات المدروسة.

سمية المساحيق و كفاءتها على الخصوبة يعتمد على الجرعة المستخدمة و مدة التعرض و النبات المستخدم. الزيوت الأساسية لـ *N.nepetella* نتج عنها 100% وفيات يرقات *Tribolium castaneum* بجرعة $2\mu\text{L}$ بعد 6 أيام و بالنسبة للبالغين من *Tribolium castaneum* بعد 5 أيام بجرعة $5\mu\text{L}$ و بنفس الجرعة بعد 4 أيام لـ *Callosobruchus maculatus* و بالنسبة لـ *Rhyzopertha dominica* بعد 6 أيام بجرعة $4\mu\text{L}$. اختبرنا كل من فعالية اثنين من المبيدات الحشرية *DELTACIS 5 DP* و *DE DE VAP 50%* التي هي شديدة السمية للبالغين من *T.castaneum*, *C.maculatus*, *A.obtectus*, *S.granarius*, *R.dominica* و ليرقات *C.castaneum*.

الكلمات المفتاحية: آفات القمح، السوس، الزيوت الأساسية، المساحيق، *Pseudocytisus integrifolius*, *Nepeta nepetella*, لutte لمكافحة

Résumé

La toxicité des huiles essentielles, ainsi que les poudres des feuilles extraites de deux espèces aromatique *P.integrifolius* et *N.nepetella* a été testée vis-à-vis *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et *Tribolium castaneum*, afin d'évaluer quelques paramètres biologiques des ravageurs de stocks à savoir la mortalité des adultes, la fécondité et l'émergence des adultes. Les essais par deux types de traitement, contact et inhalation sur les substrats alimentaires traités ont été réalisés dans les conditions de laboratoire.

Nos résultats indiquent que les poudres et les huiles extraites de *Pseudocytisus integrifolius* et *Nepeta nepetella* exercent une toxicité plus ou moins importante vis-à-vis les cinq insectes étudiés. Pour l'ensemble des tests effectués, l'huile et la poudre extraites du *Nepeta nepetella* sont avérées être les plus efficaces pour lutter contre les ravageurs des stocks étudiés et présentent des propriétés insecticides vis à vis *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* et insecticides et larvicides sur *Tribolium castaneum* au même temps elles influent sur le nombre de oeufs pondus par les femelle et l'émergence des adultes des cinq insectes. La toxicité des poudres des feuilles et leurs efficacité sur la fécondité varie selon la dose utilisée et la durée d'exposition et la plante utilisée.

L'huile de *Nepeta nepetella* induit une mortalité de 100% des larves de *Tribolium castaneum* à la dose de $2\mu\text{L}$ après 6 jours, les adultes de *Tribolium castaneum* et *Callosobruchus maculatus* après 5 jours à la dose de $5\mu\text{L}$ à la même dose on enregistre la mortalité de la totalité des adultes de *Rhyzopertha dominica* après 4 jours et d'*Acanthoscelides obtectus* et *Sitophilus granarius* à la dose de $4\mu\text{L}$ après 6 jours

Nous avons testé l'efficacité de deux insecticides *DELTACIS 5 DP* et *DE DE VAP 50%* qui sont très toxique envers les adultes de *C.maculatus*, *A.obtectus*, *S.granarius*, *R.dominica* et les larves et les adultes de *T.castaneum*

Mots clés: Ravageurs du blé, Bruches, Huiles essentielles, Poudres, *Pseudocytisus integrifolius*, *Nepeta nepetella*, lutte.

Abstract

Toxicity of essential oils, as powder, extracted from two species and aromatic *P.integrifolius* *N.nepetella* was tested against *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Tribolium castaneum* and *Rhyzopertha dominica*, to evaluate some biological parameters of pests stocks namely adult mortality, fertility and adult emergence. Testing by the two types of treatment, contact and inhalation of food processed substrates were carried out in laboratory conditions. Our results indicate that powders and extracted oils *Pseudocytisus integrifolius* and *Nepeta nepetella* have a more or less significant toxicity against the five insects studied. For all tests, the oils and the powder extracted from *Nepeta nepetella* have proven to be more effective against pests stocks studied and has insecticidal properties against *Callosobruchus maculatus*, *Acanthoscelides obtectus*, *Sitophilus granarius*, *Rhyzopertha dominica* and insecticides and larvicides on *Tribolium castaneum* at the same time they influence on the number of Eggs laid by female and five emergence adult insects. The toxicity of the powders and their efficiency leaves fertility depends on the dose used and the duration of exposure and the plant used. The oils *Nepeta amethystina* induced 100% mortality of larvae of *Tribolium castaneum* at a dose of $2\mu\text{L}$ after 6 days, adult *Tribolium castaneum* and *Callosobruchus maculatus* after 5 days at a dose of $5\mu\text{L}$ the same dose mortality was recorded of all adults of *Rhyzopertha dominica* and after four days and *Acanthoscelides obtectus* *Sitophilus granarius* at a dose of $4\mu\text{L}$ after 6 days. We tested both the effectiveness of two insecticides *DELTACIS 5 DP* and *DE DE VAP 50%* that are highly toxic to adults *C.maculatus*, *A.obtectus*, *S.granarius*, *R.dominica* and larvae and adult *T. castaneum*

Key word: pests wheat, weevils, essential oils, powders, *Pseudocytisus integrifolius*, *Nepeta nepetella*, fight