

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA

FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de master académique en
sciences de la nature et de la vie

Spécialité : phytopharmacie appliquée

Thème

**Effet biocide de la rue de montagne (*Ruta montana*)
sur le charançon du riz (*Sitophilus oryzae*)
(*Coleoptera Curculionidae*)**

Bitour billel

Devant le jury composé de :

M ^{me} BENRIMA A	Professeur	U.S.D.B.	Promotrice
M ^{me} AMMAD.F	M A A	U.S.D.B.	Co-promotrice
M ^r DJAZOULI Z	M C A	U.S.D.B.	Présidente du jury
M ^r DEROUICHE B	Post docteur	U.S.D.B.	Examineur
M ^{me} NEBIH D	magister	U.S.D.B.	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2011/2012.

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu ALLAH

Le tout puissant de nous avoir illuminés et ouvert les portes du savoir et nous avoir donne, la volonté et le courage d'élaborée ce modeste travail.

Mes plus sincères remerciements et reconnaissances vont spécialement à ma dame GUENDOUZ-BENRYMA ATIKA pour nous avoir encadrés durant la réalisation de notre PFE, à ma Co-promotrice Mme SAHRAOUI .F, pour sa confiance, sa sincérité, sa rigueur, sa patience et son exigence dans le travail.

Je remercie M^r DJAZOULI.Z, qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider le jury, et d'apporter son jugement sur ce travail.

Je remercie également M^{me} NEBIH.D et M^r DEROUICH.B pour avoir accepter de faire partie du jury et d'examiner ce mémoire.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à tous les enseignants de notre institut surtout de la spécialité phytopharmacie.

Aux personnels de laboratoire ; Alphyte de beni mered surtout M^{me} AISSANI N .

Chimie indistruelle : M^r BOUTOUMI H

Enfin, ce travail n'aurait pas été mené au terme sans les concessions et les encouragements de nos chères parents que Dieu nous les protège.

DEDICACES

Je dédier ce modeste travail a

Mes très chers parents

Belal.

RÉSUMÉ

Cette étude a pour objectifs d'évaluer l'efficacité insecticide *in vitro* des huiles essentielles d'une espèce spontanée ; *Ruta montana* vis-à-vis le charançon de riz selon deux mode d'action (contact et inhalation).

Les huiles essentielles sont obtenues de la plante récoltée de deux régions à savoir BLIDA

et Médéa, et selon le mode d'extraction (entraînement à la vapeur d'eau).

Les résultats de l'extraction révèlent, que le rendement de l'espèce végétale de la région de Berrouaghia (0.89%) est plus intéressant que celui de la région de Hammam melouan (0.82%),

la CPG a montré que les deux huiles renferment un ensemble de composé chimique dont la fraction 2-Undecanone est majoritaire.

Les résultats nous à montré que la toxicité des différents traitements évolue avec l'augmentation de la concentration des doses appliquées et le mode d'action d'une part, et une efficacité relativement progressive par rapport au temps d'exposition qui se traduit par une meilleure efficacité d'autre part.

Nous pouvons conclure que les deux huiles essentielles de la rue de montagne semblent donc manifester vis à vis *Sitophilus oryzae*, une toxicité beaucoup plus par contact que par inhalation

Les résultats de cette étude indiquent que les plantes spontanées peuvent constituer une alternative d'une lutte biologique.

Mots clés : Effet insecticide, *Ruta montana*, *Sitophilus oryzae*, Huile essentielle, chromatographie phase gazeuse (C.P.G), Entraînement à la vapeur d'eau.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the insecticidal efficacy of essential oils *in vitro* of a species spontaneous *Ruta montana*.

The essential oils are obtained from the plant collected in two regions namely BLIDA and Medea, and according to methods of extraction (stripping with water vapor).

The extraction results show that the performance of the species in the region recuis Berrouaghia (0.89%) is more interesting than the region of Hammam melouan (0.82%), the GC showed that both oils contain fraction 2-undecanone.

Moreover, this study aimed the evaluation of insecticidal essential oils, using the modes of action (by contact and inhalation) against the adult weevil *Sitophilus oryzae*.

The results of the study showed that the toxicity of different treatments is changing with increasing concentration for dose and mode of action on the one hand, and efficiency relatively progressive compared to the exposure time results in a better effectiveness of the other.

The results of this study indicate that wild plants can be an alternative to biological control.

Keywords: Effect insecticide, *Ruta montana*, *Sitophilus oryzae*, essential oil, GC, Training is water vapor.

الملخص

تأثير الزيت الأساسي لنبات الفيجل على حشرة سيتوفيليس *Sitophilus oryzae*

تهدف هذه الدراسة الى تقييم فعالية الزيت الاساسى الطيار لنبته الفيجل البري *Ruta Montana*

وقد تم تحليل الزيوت الأساسية بواسطة (CPG) لمعرفة المركبات الكيميائية لهذا النبات.

. أظهرت نتائج الاستخلاص أن مرد ودية نبات الفيجل المحصل عليها من مدينة البرواقية (0.89 %) هو أكثر إثارة للاهتمام من نضيره لمدينة حمام ملوان (0.82 %) ، كما تبين (CPG) أن الزيتان تحتويان على عدة مركبات كيميائية منها 2-Undecanone بنسبة كبيرة ، كما تهدف هذه الدراسة لتقييم كفاءة الزيوت الأساسية بطريقتي عمل (ملاسة، استنشاق) ، وذلك باستخدامها ضد الحشرات البالغة لسيتوفيليس *Sitophilus oryzae*

تبين أن المواد المجربة اثبتت فعاليتها المضادة. و هذا النشاط يعتمد على التركيز ، مدة التعرض وطريقة العمل

نتائج هذه الدراسة تشير إلى أن النباتات البرية يمكن أن تكون بديلا للمكافحة البيولوجية.

الكلمات المفتاح: الزيوت الطيارة ، الفيجل *Ruta montana* ، حشرة سيتوفيليس *Sitophilus oryzae* - CPG

Liste des tableaux

Tableau 1 :Principaux pays exportateurs (blé tendre et blé dur).

Tableau 2 :principaux pays importateurs (blé dur et blé tendre).

Tableau 3 : Taux de perte lors d'un stockage pendant huit mois du mil et du sorgho dans les greniers traditionnels d'Afrique .

Tableau 4: Etude analytique d'huile essentielle de la rue de montagne par Chromatographie en phase gazeuse couplée (CG/SM).

Tableau 5 : Modèle G.L.M. appliqué aux essais de traitements d'HE de mars sur les populations résiduelles de *S oryzae*

Tableau 6: modèle G.L.M. appliqué aux essais de traitements d'HE de mai sur les populations résiduelles de *S. oryzae*

Tableau 7 : Modèle G.L.M. appliqué aux essais de traitements sur les populations résiduelles de *S. oryzae*.

LISTE DES FIGURES

- Fig.01** : Ecosystème du grain stocké
- Fig.02** : Diagramme de conservation du grain
- Fig.03** : Influence des températures sur le développement des ravageurs de denrées entreposées.
- Fig.04** : Cycle évolutif d'un coléoptère
- Fig.05** : Cycle évolutif d'un lépidoptère
- Fig.06** : Succession des agents biologiques dans les stocks de céréales .
- Fig .7** :Adulte de *Sitophilus oryzae* (L).
- Fig. 8** : Larve de *Sitophilus oryzae*(L).
- Fig.9** : Cycle de développement de *Sitophilus oryzae*
- Fig .10** :les différentes parties de *Ruta montana*
- Fig. 11** :Schéma des différents organes de la Rue de Montagne
- Fig .12** :Étuve d'élevage des insectes
- Fig. 13** :dispositif d'extraction des huiles essentielles par entrainement à la vapeur d'eau (Originale).
- Fig. 14** : Appareillage de la (CG/MS) (Alphyt, 2012).
- Fig. 15** :Protocole expérimentale utilisé pour l'étude d'effet insecticide de l'huile essentielle(Original)
- Fig. 16** : Les rendements des plantes en huiles essentielles
- Fig. 17**: Evolution temporelle de population résiduelle de *s.oryzae* traite avec l'HE par contacte dans la région de berrouaghia
- Fig. 18**: Evolution temporelle de population résiduelle de *s oryzae* traite avec l'HE par inhalation dans la région de berrouaghia
- Fig. 19**: Evolution temporelle de population résiduelle de *s.oryzae* traite avec l'HE par contacte dans la région de hammam meloun
- Fig.20**: Evolution temporelle de population residuelle de *s.oryzae* traite avec l'HE par inhalation dans la région de hammam meloun
- Fig. 21**: Effet comparé de la variation temporelle des populations résiduelles de
- Fig. 22**: Effet comparé de la variation temporelle des populations résiduelles de *S oryzae* sous l'effet des différentes doses d'H.E de mois de mai
- Fig. 23**: Effet comparé de la variation temporelle des populations résiduelles de *S oryzae* sous l'effet des différentes doses, modes, ragions et temps).

LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

C° : Degré Celsius.

O₂ : l'oxygène.

CO₂ : gaz carbonique

cm : centimètre

CCLS: Coopérative des Céréales et des Légumes Sec.

CG/SM : chromatographie en phase gazeuse couplées.

CPG : chromatographie en phase gazeuse.

D_c : dose de traitement par contact.

D* : dose de traitement de mois de mai

D : dose de traitement de mois de mars

D_i : dose de traitement par inhalation.

Fig : figure.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

h : heure.

H₂O: l'eau.

ha : hectare.

H.R : humidité relative.

HE : huiles essentielles.

G.L.M : Modèle Générale Linéaire.

g : gramme.

kg : Kilogramme.

mm : millimètre.

ml : millilitre.

mn : minute.

PR : population résiduelle.

P : probabilité.

S : *Sitophilus*.

T : témoin.

Tab: Tableau.

Tc : témoin traitée par le mode contact.

TR : temps de retentions.

Ti : témoin traitée par le mode inhalation.

TRAIT: traitement.

USDA: United States Department of Agriculture..

WMO: worldMeterologicalOrgainization .

% : pourcentage.

Sommaire

Introduction	13
Première partie : Bibliographie	
Chapitre I : Le blé tendre.....	15
Données générales sur le blé tendre.....	16
Importance du blé sur le plan économique.....	16
Position systématique du blé tendre.....	18
Stockage et conservation du blé.....	18
Mécanismes de détérioration des grains entreposés.....	22
Principaux insectes des céréales stockées.....	30
Chapitre II : Le charançon de riz.....	35
Introduction.....	36
Position systématique.....	36
Biologie de développement.....	39
Description des différents états du cycle.....	39
Dégâts et régime alimentaire.....	41
Méthodes de lutte contre les insectes des denrées stockées.....	45
Chapitre III : La rue de montagne	49
Origine et histoire.....	50
Classification.....	51
Caractéristique de la rue de montagne.....	52
Récolte et traitements.....	52
La composition chimique de <i>Ruta montana</i> L	53

Utilisation	54
Toxicité de la rue.....	57
Chapitre IV : Les huiles essentielles	58
Définition.....	59
Fonction biologique des huiles essentielles au niveau de la plante.....	59
Propriétés des huiles essentielles.....	59
Localisation	59
Propriétés des huiles essentielles.....	61
Les méthodes d'extraction.....	61
La conservation des huiles essentielles.....	63

Deuxième partie : Expérimentale

Chapitre I : matériel et méthode.....	65
Introduction	66
Matériel biologique	67
Matériel utilisé pour l'extraction des huiles essentielles.....	68
Analyse chromatographique de l'huile essentielle.....	70
Préparation des doses a testées des différentes de traitements	71
Analyse des résultats obtenus.....	74
Chapitre II : résultat et discussion	75
Evaluation des rendements des huiles essentielles	76
Etude analytique des huiles essentielles des plantes utilisées par (CG/SM).....	76
Évolution temporelle des populations résiduelles du charançon sous l'effet des huiles essentielles de la rue de montagne.....	78

Étude de l'efficacité insecticide de l'huile essentielle de la rue de montagne	81
Étude comparée de l'efficacité insecticide de l'huile essentielle de la rue de montagne des deux régions.....	86
Evaluation de rendement des huiles essentielles	81
Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles	89
Conclusion.....	92
Référence bibliographique.....	94
Table des matières	99
Annexe	104

INTRODUCTION

Les denrées alimentaires sont habituellement attaquées par les insectes au cours de leur entreposage depuis le début de la civilisation humaine. Les paysans pratiquaient des techniques traditionnelles en ajoutant aux denrées les produits locaux tels que les minéraux, les huiles, les feuilles ou extraits de plante pour les protéger contre les infestations multiples depuis des siècles (Regnault-Roger et *al.*, 2008).

D'après ces auteurs, les produits végétaux à action phytosanitaire ont une très longue histoire et les techniques, traditionnellement bien établies, ont apporté leur preuve d'efficacité dans plusieurs pays africains. Ces pratiques ont été abandonnées au profit des méthodes modernes à cause des nombreux changements subits par l'agriculture au cours des dernières décennies (FAO, 1990 ; Thiam et Ducommun, 1993). Malgré les moyens dont dispose la science, les insectes continuent encore à peser lourdement au bilan des pertes.

Les pertes les plus importantes sont causées par différentes espèces de coléoptères, lépidoptères et acariens (Alzouma et *al.*, 1994; Fleurat-Lessard, 1994). Parmi les coléoptères, la calandre du riz (*Sitophilus oryzae* L.) (Coleoptera: *Curculionidae*) est universellement reconnue comme l'un des plus dévastateurs des céréales entreposées, non seulement en raison de sa propre consommation, mais aussi parce qu'elle ouvre en plus la porte à tout un ensemble de détritivores dont le plus fréquent est le *Tribolium* rouge de la farine (*Tribolium castaneum* Herbst) (Coleoptera: *Tenebrionidae*) qui parachève les dégâts (Markham et *al.*, 1994; Throne, 1994).

Les huiles essentielles des plantes sont très recherchées, car elles sont généralement dotées de propriétés biologiques intéressantes. Certaines ont des propriétés pharmaceutiques reconnues, d'autres sont utilisées comme bases de parfums ou comme additifs alimentaires. La qualité des huiles essentielles dépend d'un grand nombre de paramètres d'origines différentes tels que : l'origine botanique, le cycle végétatif, le site producteur et les conditions géographiques et climatiques, etc. (Merghache et *al.*, 2009).

La rue de montagne (*Ruta montana* L.) est une plante aromatique, appartenant à la famille des rutacées, Elle est spontanée, largement ré pondue en Algérie. On la rencontre fréquemment dans les rocailles, pelouses et coteaux secs (Beniston, 1984 in Merghache et *al.*, 2009) ,la rue de montagne (*Ruta montana*) n'a été jamais utilisée contre les insectes des denrées stockées.

Notre étude consiste à comparer l'activité biocide de l'huile essentielle de la rue de montagne vis-à-vis *Sitophilus oryzae* révèle de deux régions choisies Berrouaghia (W.Medea) et Hammam melouan (W.Blida)

Avec différentes concentrations et avec deux modes de traitement (contact et inhalation).

I. Données générales sur le blé tendre

I.1 Généralités sur le blé tendre

Les céréales sont des plantes herbacées, monocotylédones appartenant à la famille des graminées et donnant des grains farineux propres à l'alimentation de l'homme et des animaux domestiques (DUMENT, 1986).

Le blé est une céréale qui appartient au genre *Triticum*; en Algérie deux variétés dominent la production ce sont le blé tendre et le blé dur. Plusieurs autres espèces existent cependant, certaines sont cultivées sur des superficies plus réduites (l'orge, l'avoine, le maïs et le sorgho) (ANONYME 2005(a)).

I.2 Importance du blé sur le plan économique

Les céréales et leurs dérivés représentent un élément stratégique dans le système alimentaire Algérien aussi bien de point de vue superficie agricole occupée que du point de vue économique et nutritionnel.

En effet, 80% de la superficie agricole utile du pays est occupée par la production céréalière. La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3, 5 million d'ha (DJERMOUN, 2009).

Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire Algérien ou elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire (BENCHARIF et CHAULET, 1991).

Les produits de céréales et notamment la semoule de blé dur et la farine de blé tendre représentent l'alimentation de base de l'Algérien moyen, particulièrement en milieu rural. La consommation des produits céréaliers se situe à un niveau d'environ 205 kg /habitant /an (DAMASSE L, 2009).

Tableau 1 : Principaux pays exportateurs (blé tendre et blé dur).en tonne

(ANONYME(b), 2004).

	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004
Etats-Unis	29.800.000	28.600.000	26.800.000	22.700.000	32.00.000
Union européenne	16.700.00	14.500.000	10.800.000	15.400.000	8.00.000
France totale	19.800.000	18.800.000	12.200.000	16.800.000	13.200.000
France vers U.E.	9.800.000	11.200.000	7.500.000	7.200.000	9.600.000
France hors U.E.	10.000.000	7.500.000	4.300.000	9.600.000	4.600.000
Australie	17.300.000	16.700.000	16.600.000	10.900.000	14.500.000
Canada	18.400.000	16.900.000	16.100.000	8.600.000	15.500.000
Argentine	10.800.000	11.200.000	11.400.000	6.000.000	8.000.000
Ukraine	2.500.000	100.000	5.500.000	6.700.000	500.000
Russie	600.000	1.100.000	4.600.000	14.500.000	3.000.000
Inde	200.000	2.100.000	3.100.000	4.500.000	3.000.000
Kazakhstan	6.100.000	3.700.000	3.800.000	5.500.000	6.000.000

Tableau 2 : Principaux pays importateurs (blé dur et blé tendre). en tonne

(ANONYME(b), 2004).

	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004
Brésil	7.100.000	7.300.000	7.100.000	6.700.000	5.500.000
Union européenne	400.000	3.100.000	10.300.000	12.100.000	5.800.000
Égypte	6.200.000	6.100.000	7.000.000	6.400.000	6.500.000
Japon	6.000.000	5.800.000	5.700.000	5.400.000	5.800.000
Algérie	4.400.000	5.700.000	4.600.000	5.700.000	3.400.000
Indonésie	3.800.000	4.300.000	3.900.000	4.100.000	4.200.000
Corée	3.800.000	3.200.000	3.800.000	3.700.000	3.200.000
Iran	7.200.000	6.200.000	5.600.000	1.600.000	600.000
Philippines	2.900.000	3.100.000	2.800.000	3.200.000	2.800.000
Irak	2.700.000	3.300.000	2.700.000	1.700.000	2.200.000
Mexique	2.600.000	3.100.000	3.100.000	3.200.000	3.500.000
Maroc	3.200.000	3.600.000	3.000.000	2.800.000	2.000.000
Nigeria	1.300.000	1.900.000	2.400.000	2.300.000	2.300.000

I.3 Classification :

La classification botanique du blé tendre se présente comme suit :

Embranchement:	<i>Spermaphytes.</i>
Sous-embranchement:	<i>Angiosperme.</i>
Classe:	<i>Monocotylédone.</i>
Super-ordre:	<i>Comnéliniflorales.</i>
Ordre:	<i>Poêles.</i>
Famille:	<i>Poaceae (Graminaceae).</i>
Sous famille:	<i>Festucoidea.</i>
Tribu:	<i>Hordée ou Triticeae.</i>
Sous tribu :	<i>Triticinées.</i>
Genre:	<i>Triticum. L.</i>
Espèce :	<i>Triticum aestivum L.ssp.vulgare.</i>

I.4 Stockage et conservation du blé

I.4.1 Stockage

C'est un ensemble de techniques et de moyens permettant l'entreposage plus ou moins long, d'un produit ou d'une marchandise, en vue de son utilisation ultérieure. C'est ainsi que l'on distingue les moyens de stockage suivant :

I.4.1.1 Stockage en gerbe

C'est la méthode traditionnelle; depuis le moyen âge au moins dans presque toute l'Europe non méditerranéenne .on pouvait entasser les gerbes en plein air ou le plus souvent le stockage en grange.

En gerbes, le grain est à l'abri de l'échauffement et du charançon. La méthode est particulièrement adaptée aux régions a été humide, aussi a connu un grand développement au XIX^{ème} siècle, avec la moissonneuse lieuse (MULTON J.L, 1982).

I.4.1.2 Stockage en épis

Le stockage en épis est une technique très répandue pour toutes sortes de céréales dans le monde. C'est le cas de certaines régions d'Indonésie, et surtout d'Afrique noire et d'Amérique tropicale. Mais ce fut aussi le cas dans l'Europe

ancienne, le nom de grenier vient du bas latin *spicarium*, qui désignait un grenier à épis. (GODON B, 1991).

Le stockage en épis demande bien moins de volume que le stockage en gerbes, d'où un coût moindre en bâtiments et surtout un contrôle plus facile de l'ambiance du stockage. En effet avec le stockage en épis nous voyons apparaître deux procédés bien distincts: le confinement et l'aération (MULTON J.L, 1982).

Par ailleurs plusieurs travaux ont démontré que le stockage en épis se montre plus efficace et facilite les échanges thermiques (KODIO O, 1989).

Il existe de nombreuses publications de la FAO (Food and Agricultural Organization) traitant de ce sujet et qui ont démontré que les pertes occasionnées au cours du stockage en épis sont nettement inférieures à ceux enregistrées en grain.

Par ailleurs les données statistiques sur les pertes occasionnées dans certains pays ont révélé les résultats du tableau (3).

Au cours d'une étude sur le stockage du blé en épi pendant deux ans, (BELABED, 2008) a remarqué que la faculté germinative, les réserves énergétiques (protéine et glucide) ainsi que le développement des radicules et des tigelles sont préservés tout au long du stockage par rapport au stockage en grain.

Tableau 3 : Taux de perte lors d'un stockage pendant huit mois du mil et du sorgho dans les greniers traditionnels d'Afrique (KODIO O, 1989).

Pays	Produits	Pertes (%)
Sénégal	Mil en épis	2,2
	Sorgho en épis	5,3
	Sorgho en grains	9,5
Nord-Nigéria	Sorgho en épis	4,0
	Sorgho en grains	4,0
Mali	Mil en épis	2 à 4
Niger	Mil en épis	10,1
	Mil en grains	3,4

I.4.1.3 Stockage en vrac

Bien qu'il soit plus difficile à conserver que les produits précédents, il est plus commode de transporter et d'échanger le grain en vrac. En contrepartie, pour y parvenir plusieurs problèmes sont à résoudre et plusieurs techniques sont élaborées. Deux principaux facteurs sont à prendre en compte : la quantité des grains stockés d'une part et les modifications qualitatives survenant au cours du stockage d'autre part (MULTON J.L, 1982).

Par ailleurs parmi les techniques qui permettent la préservation de la qualité du blé au cours du stockage on peut citer:

I.4.1.3.1 Stockage en atmosphère renouvelée

Le stockage des grains en vrac sur planches ou en sac a pratiquement disparu dans les pays industrialisés, alors que cette technique est encore utilisée dans les pays en voie de développement. Par contre le stockage dans les silos en béton ou métallique est très répandu, le type de silo peut être horizontal ou vertical ; l'aération est réalisée soit par transvasement de silo à silo (transilage), soit par une installation de ventilation. (MULTON, 1982).

I.4.1.3.2 Stockage en anaérobiose

Il permet d'allonger notablement la durée de conservation car les métabolismes respiratoires du grain, des microorganismes et des insectes sont bloqués. De ce fait il n'y a ni dégagement de chaleur ni production de vapeur d'eau.

L'absence d'oxygène permet également de détruire les acariens, les rongeurs et de bloquer toutes les réactions d'oxydation. Ce moyen de stockage comprend :

A. Stockage sous atmosphère confinée

Il s'agit d'une conservation conduite dans un silo étanche dont l'atmosphère est pauvre en oxygène et riche en gaz carbonique. De ce fait, les êtres vivants aérobies de l'écosystème se trouvent asphyxiés.

B. Stockage sous atmosphère modifiée

Il est obtenu en créant un phénomène d'anaérobiose, soit par une mise sous vide soit par une saturation de l'atmosphère inter-granulaire à l'aide par de gaz carbonique ou d'azote.

I.4.2 Conservation

La conservation peut être définie comme un ensemble de procédés qui peuvent, en agissant sur le lieu, freiner ou inhiber les processus d'altération d'un produit pendant un certain temps. Le plus souvent, c'est une combinaison de plusieurs traitements de stabilisation (préventifs et curatifs) appliqués simultanément ou successivement de sorte à assurer une conservation correcte ; on peut aussi définir la conservation comme étant le stockage des grains dans des conditions de sorte que celles-ci assurent une garantie des caractéristiques régies par la réglementation en vigueur.

Le but de la conservation est donc de préserver par tous les moyens appropriés l'intégrité des principales qualités des grains afin de différer leur utilisation et de maintenir leur valeur aussi bien hygiénique, nutritionnelle que technologique au plus haut niveau.

Les moyens de conservation les plus efficaces et les plus sûres correspondent aux :

I.4.2.1 Techniques de stabilisation

I.4.2.1.2 Nettoyage

Le nettoyage des grains venant d'être récoltés permet :

- d'éliminer les grains cassés et les matières inertes, et d'une manière générale les éléments indésirables dont la forme ou la densité diffèrent de celles d'un grain de blé normal.
- d'améliorer la conservation ultérieure en nettoyant les locaux.

Cette technique s'avère être une excellente mesure préventive, ce qui évite la contamination des lots sains.

I.4.2.1.2 Séchage

Le séchage est nécessaire surtout pour les grains récoltés très humides, et a pour but d'abaisser la teneur en eau de ces grains au-dessous du seuil (9%) de développement des insectes et des micro-organismes.

I.4.2.1.3 Ventilation

Elle est réalisée par une circulation forcée d'air ambiant ou froid (granifrigor) à travers une masse de grains car son but est de refroidir le grain à une température de 5 à 7° C.

I.4.2.1.4 Transilage

Il consiste à faire circuler les grains d'une cellule à une autre de façon à permettre leur aération importante et rapide du grain, ce qui entraîne la diminution de la température des lots échauffés.

I.4.2.2 Techniques pour le contrôle de l'infestation des déprédateurs

Il s'agit essentiellement de la lutte chimique qui est obligatoire lorsque les céréales sont infestées.

Pour cela on utilise généralement des produits chimiques (insecticides) dont le choix et les conditions d'utilisation doivent être très étudiés ; En effet souvent le mauvais choix du produit à utiliser et surtout les mauvaises conditions de son utilisation non seulement n'assurent pas son efficacité mais constituent une source d'accidents par les résidus de pesticides qui polluent les céréales stockées (FOUGHALI, 1987).

I.5 Mécanismes de détérioration des grains entreposés

I.5.1 Les causes d'altération

Ces altérations peuvent avoir des origines très diverses:

I.5.1.1 Biologique

Comme la montre la figure(1), les déprédateurs des céréales stockées sont représentés par les microorganismes, les acariens, les insectes, les oiseaux et les rongeurs.

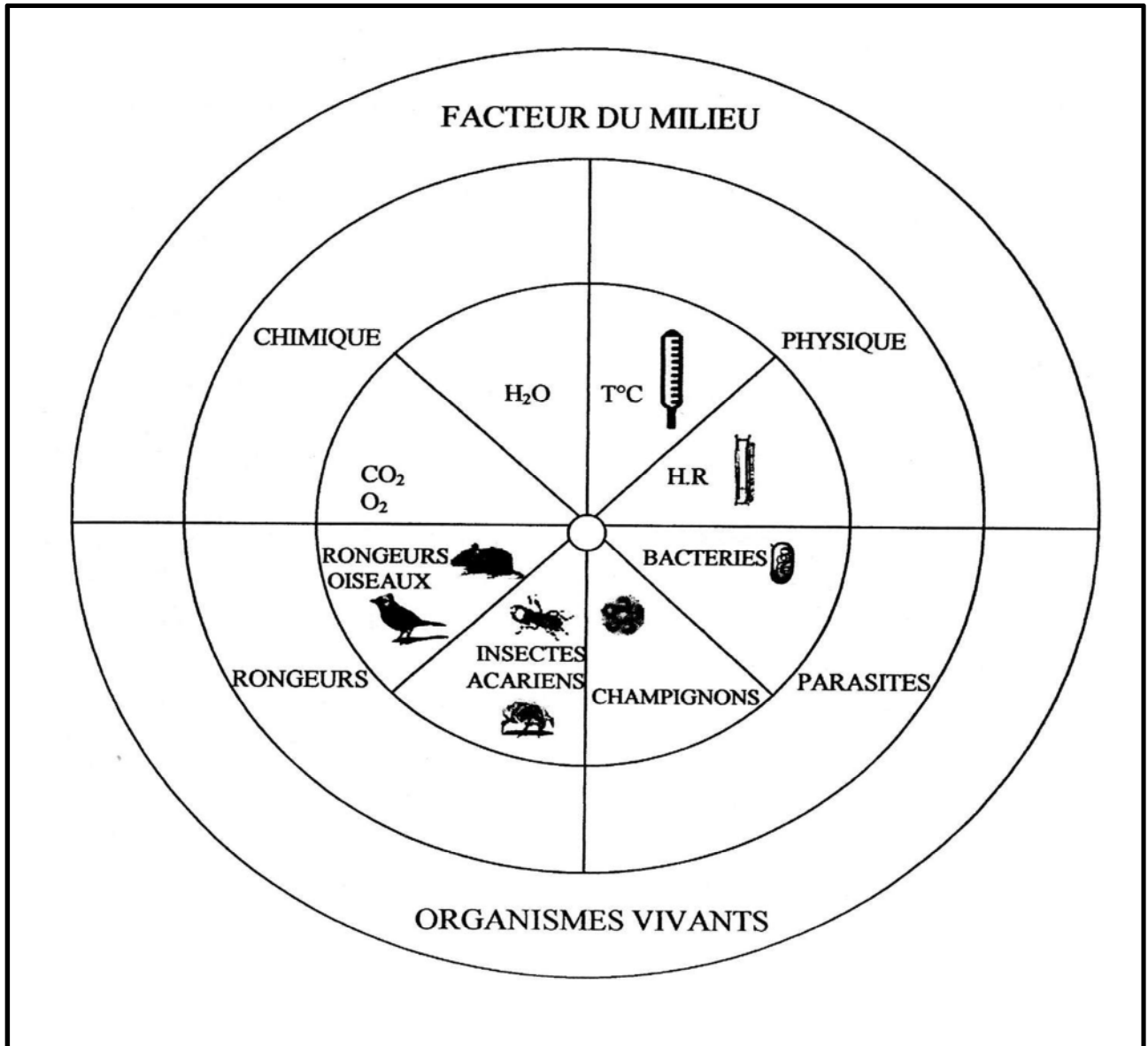


Figure 01 : Ecosystème du grain stocké (CANGARDEL, 1978).

L'action des ravageurs se manifeste principalement de deux façons distinctes : soit les déprédateurs font partie du produit de base dans lequel ils s'introduisent pour se nourrir (Cas des charançons du grain ou des insectes de la farine), soit ils vivent simplement sur les lieux de stockage et de transformation en s'introduisant périodiquement dans les denrées brutes ou transformées pour s'en retirer après y avoir commis leurs dégâts (rongeurs et blattes) (GODON et WILLM, 1998).

Le développement des micro-organismes et des acariens n'est possible que lorsque l'humidité relative est au moins égale à 65 % ; il s'ensuit que, du fait de leurs exigences écologiques particulièrement limitées, les insectes constituent un danger majeur. Ceci est confirmé par (FOURAR ,1994) qui considère, qu'en Algérie, les céréales post récolte sont attaquées essentiellement par les insectes au cours de la période de stockage.

Les oiseaux et les rongeurs constituent un danger non négligeable ; ils commencent leurs dégâts aux champs et les poursuivent au niveau des stocks ; ils s'infiltrent accidentellement dans les lieux de stockage présentant des accès non protégés et causent des dégâts importants ; ainsi un rat peut consommer 20 Kg de grains par an et en souiller 80 Kg (FOUGHALI, 1987).

Par ailleurs, ces déprédateurs, étant vecteurs de différents germes pathogènes, sont source d'infection ; ils peuvent également, par la vapeur d'eau et la chaleur qu'ils dégagent, entraîner réchauffement de la céréale stockée.

Le risque représenté par les oiseaux et les rongeurs peut être facilement annulé par des mesures préventives et curatives connues et l'utilisation de moyens de stockage appropriés.

Ainsi l'altération des céréales stockées peut être due à des facteurs du milieu, abiotiques mais également à des facteurs biologiques que nous allons aborder ci-après.

A. Les acariens

Les acariens sont des arthropodes, très fréquemment rencontrés dans les denrées entreposées. Ils se présentent sous forme d'agrégats qui les font ressembler à une poussière vivante.

D'après (FOUGHALI, 1987), les acariens que l'on rencontre dans les denrées entreposées sont :

Les Saprophytes : qui se nourrissent du germe des grains humides, de moisissures et des déchets ; les principales espèces sont ; *Acarus siro* et *Tyrophagus putrescentiae* sch.

B. Les Prédateurs ou parasites :

Ils attaquent les précédents, et s'en prennent d'autre part aux œufs, larves et adultes d'insectes. Les plus importants sont : les Cheyletes, les Pyemotides et les Gamasides.

Les acariens devraient être peu dangereux en Algérie car ils nécessitent pour leur développement une humidité relative supérieure à 60% ; ce n'est donc que dans les blés humides ou stockés insuffisamment secs qu'ils vont pulluler. D'une façon générale, leur développement est possible entre 8 et 40 °C et au-dessous de cette fourchette pour certaines espèces. Dans le cas où les conditions d'environnement et de nourriture sont défavorables, la larve de certaines espèces va se transformer en deutonymphe, stade de résistance couramment appelé hypope. Celui-ci ne s'alimente pas et peut rester sous cette forme plusieurs mois.

Lorsque les conditions d'environnement redeviennent favorables, l'hypope reprend son cycle de développement (FOURAR, 1987).

I.5.1.2 Microbiologique

Parmi les micro-organismes présents naturellement dans le grain stocké, sont relevées les moisissures qui posent le plus de problèmes. Il n'existe aucune obligation légale ou seuil de référence à respecter en ce qui concerne les micro-organismes.

Néanmoins, on considère qu'un grain a une qualité microbiologique convenable s'il héberge moins de 10⁴ germes de la flore de stockage par gramme de grain (FLEURAT- LESSARD, 1996 et CAHAGNIER 1997).

Les champignons appartiennent généralement aux genres *Aspergillus* et *Penicillium*, aux espèces secondaires de Mucorales ou des genres *Byssochlamys*, *Scopulariopsis* ou *Wallemia* ; ces moisissures sont les seules à pouvoir se développer sur les grains dès le seuil de 15 à 16 % de teneur en eau : on les qualifie de «xérotolérantes» ; il s'ensuit une dégradation biochimique de la céréale stockée à laquelle peut éventuellement s'ajouter la formation de toxines par certaines espèces et souches toxigène de stockage.

La lutte préventive contre la prolifération des moisissures de stockage repose sur le contrôle strict des conditions de température et d'activité de l'eau des grains stockés, en tous les endroits de la masse (MULTON, 1982). Ceci dans le but de maintenir le grain en dehors des conditions physico-chimiques permettant la germination et la croissance des moisissures. Pour assurer le maintien du stock de grain en dehors des limites favorables au développement des moisissures, des techniques de séchage appropriées sont utilisées pour ralentir ou inhiber l'activité de ces champignons (FLEURAT -LESSARD ,2003). Cette technique est appliquée dans les pays à climat humide mais en Algérie, où le climat est sec, elle n'est pas utilisée.

I.5.1.3 Chimique ou biochimique

Lorsque le grain est soumis à des températures trop élevées (échauffement naturel ou températures trop fortes lors du séchage) il peut se produire une dégradation de la structure de l'amidon et des protéines, des pertes de vitamines et une modification d'aspect (brunissement, voire dans des cas extrêmes, noircissement du grain) (MULTON J.L, 1982).

I.5.1.4 Mécanique

Il s'agit des grains cassés lors des différentes opérations de manutention (CHEFTEL J.C. et CHEFTEL L. H, 1977).

I.5.2 Facteurs d'altération

I.5.2.1 Le temps

Le facteur temps introduit la notion de vitesse de réaction qui dépend essentiellement de la température, de l'humidité relative de l'air ambiant et de la composition de l'atmosphère inter granulaire. En effet, plus les conditions du milieu seront propices aux altérations biochimiques et biologiques, plus grande sera la vitesse de réaction conduisant à la détérioration de la qualité du produit stocké.

Pour estimer une durée, probable maximale de conservation, il faut se référer aux conditions de stockage et de conservation existantes, à l'état sanitaire du lot et à l'utilisation ultérieure du blé. En effet, suivant qu'il sera utilisé pour la semence, pour l'alimentation humaine ou celle du bétail, le lot devra présenter des critères qualitatifs déterminés qui vont agir directement sur l'appréciation de la durée de stockage (FOURAR, 1987).

I.5.2.2 L'humidité du grain

Parmi les facteurs qui influencent l'évolution des blés, l'humidité est certainement le plus important puisqu'une augmentation de la teneur en eau du produit permettra d'engendrer un milieu propice aux altérations d'ordre chimique et enzymatique (ALEM M, 2000). Elle joue également un rôle important dans le développement des déprédateurs des blés. En effet un blé qui a une teneur en eau inférieure à 8% risque moins d'être attaqué par les insectes puisqu'il est trop sec et le corps des insectes en général contient plus de 50% d'eau (FLEURAT-LESSARD F, 1990). Une mortalité de 10% des adultes de *S.oryzea* a pu être observée après 12 jours de séjours dans des grains à 8,5% de teneur en eau (DUCOM, P. 1980 et FARJAN M.E, 1983). Voir diagramme.

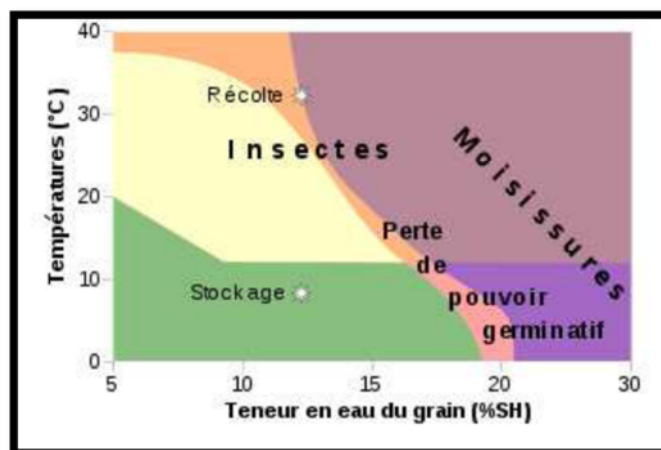


Figure 02 : Diagramme de conservation du grain (DUCOM, P. 1980).

Le facteur humidité favorise aussi le développement de la microflore qui exige généralement une humidité relative d'autant plus élevée qu'il s'agit de moisissures, levures ou bactéries (GODON B. et WILLM C., 1998). Ainsi, il est donc nécessaire de contrôler l'humidité relative de l'atmosphère ambiante pour permettre de maintenir l'équilibre au-dessous de la valeur critique de façon à éviter leur développement et de maintenir la qualité technologique et hygiénique du blé.

1.5.2.3 La température du grain

La température est aussi un facteur important car les réactions d'altération sont d'autant plus rapides que la température est élevée, c'est ainsi que certaines réactions chimiques dépendent essentiellement de la température. C'est le cas de la détérioration oxydative des lipides et de la modification qualitative et quantitative des protéines (GODON B., 1991).

Une augmentation de 5°C double l'intensité respiratoire, on a donc intérêt à abaisser la température de stockage par la ventilation. Par ailleurs les insectes ne se reproduisent plus au-dessous de 12°C et ils sont tués si le grain peut être maintenu durant 2 mois 1/2 en dessous de 5°C (FLEURAT LESSARD F, 2003).

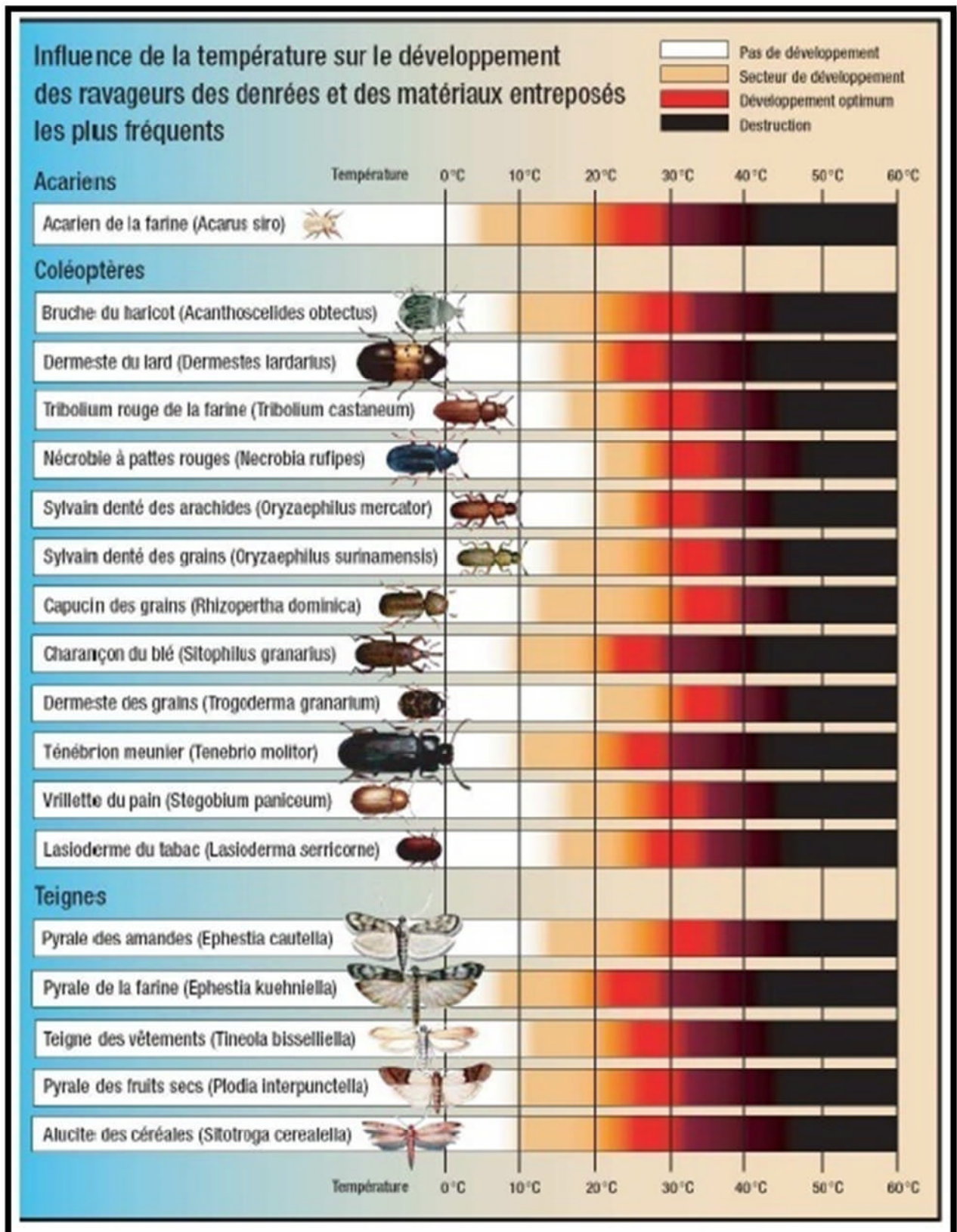


Figure 03 : Influence des températures sur le développement des ravageurs de denrées entreposées. (KODIO O, 1989).

I.5.2.4 La composition de l'atmosphère inter granulaire

Celle-ci, correspondant à la teneur en oxygène et en gaz carbonique de l'atmosphère inter granulaire, agit sur la nature du métabolisme des déprédateurs portés par les grains d'une part et des cellules vivantes du grain d'autre part. Suivant que le milieu renferme ou non de l'oxygène, nous assisterons à la sélection des déprédateurs et à un métabolisme précis du grain. En milieu aéré, les déprédateurs aérobies vont se développer et le grain va respirer d'autant plus que sa teneur en eau et la température seront élevées.

En milieu anaérobie, tous les déprédateurs ayant besoin d'oxygène pour vivre ne pourront pas survivre et le grain, privé d'oxygène, dans le cas où il est humide, va fermenter et donc s'altérer s'il n'est pas entretenu correctement pour l'aérer, le refroidir et l'assécher.

I.6 Principaux insectes des céréales stockées

Les insectes ravageurs du grain se développent encore jusqu'à des teneurs en eau de l'ordre de 10% dans les céréales, c'est-à-dire que dans tous les cas de stockage, ils vont représenter un risque (FLEURAT-LESSARD, 1996).

Les espèces les plus nuisibles sont celles qui ont le mieux « réussi » à coloniser les stocks au cours d'une longue adaptation et qui se développent à l'intérieur même du grain (FLEURAT-LESSARD, 2003).

L'ensemble de ces espèces fait partie de deux ordres principaux: les coléoptères et les lépidoptères. Ce sont des insectes à métamorphose complète ; c'est ainsi qu'après l'éclosion de l'œuf, ils passent par trois stades : le stade larvaire, le stade nymphal et enfin le stade adulte.

I.6.1 Les coléoptères

Cet ordre contient un très grand nombre d'espèces déprédatrices des céréales stockées ; ces insectes fuient la lumière et sont de mœurs nocturnes (SIMON et al, 1988), ils vivent à l'état adulte à des températures comprises entre 15°C et 35°C et à des humidités relatives comprises entre 50 et 80 % (FEILLET, 2000).

Les adultes possèdent une paire d'ailes antérieures appelées «élytres » qui protègent la paire d'ailes membraneuses utilisées pour le vol (CRUZ et al, 1988, In, BELKHELFA et SAHI, 2004). (Fig.04).

Il existe deux grands types biologiques parmi les coléoptères des céréales :

Les insectes à formes cachées du type « charançon » ou « capucin »; ces derniers passent une partie importante de leur développement à l'intérieur du grain et ne sont en conséquence détectables facilement qu'au stade adulte.

Les insectes à formes libres du type «*silvain*» et «*tribolium*»; où tous les stades sont libres, ils attaquent les grains par l'extérieur.

Bien que les espèces à formes libres nuisibles au grain soient plus nombreuses et leur présence souvent plus fréquente, elles sont qualifiées de « secondaire » car les moyens de nettoyage du grain et leur sensibilité aux insecticides de contact, permettent aisément de les éliminer du grain infesté (GODON et WILLM, 1998). Par ailleurs, ces espèces ne sont pas capables d'attaquer un grain entier de sorte qu'on les retrouve généralement dans les lots soit infestés par des espèces primaires (charançon, capucin) soit contenant une proportion importante de grains cassés (FOURAR.2005).

I.6.2 Les lépidoptères

Ils appartiennent au groupe des papillons de nuit et possèdent deux paires d'ailes membraneuses recouvertes d'écaillés .Relativement fragiles, ils n'infestent que la surface des lots (CRUZ et al 1988, In BELKHELFA et SAHI, 2004).

Les lépidoptères sont surtout actifs au crépuscule et vivent moins longtemps que les coléoptères, généralement une quinzaine de jours à 20°C et une semaine à 30°C (FEILLET, 2000).

Pour se nourrir, les adultes ne disposent que d'une trompe rétractile suceuse ne leur permettant de s'alimenter qu'à partir de substances liquides : ils ne causent donc aucun dégât dans les céréales et dérivé (STEFFAN, 1978).

Les imagos s'accouplent quelques heures après l'émergence puis la femelle procède à la ponte qui dure environ une semaine. La nymphe des lépidoptères ou

encore « chrysalide » se trouve généralement protégée par un cocon soyeux filé par la chenille lorsque la métamorphose est proche (fig.05).

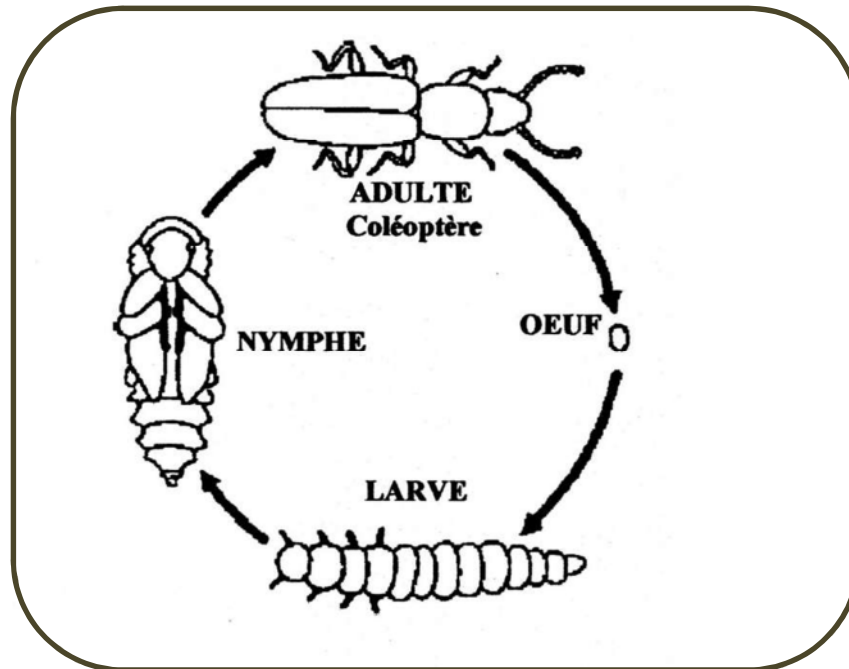


Figure 04 : Cycle évolutif d'un coléoptère (NOËL D.G.WHITE, 2001).

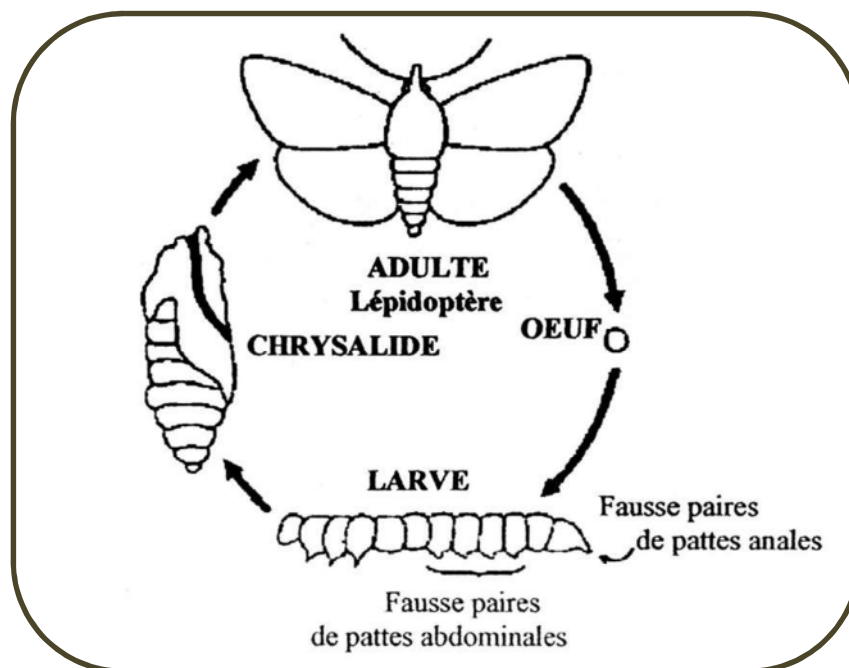


Figure 05 : Cycle évolutif d'un lépidoptère ' (NOËL D.G.WHITE, 2001).

La durée de vie du papillon est très brève, de l'ordre de 1 à 3 semaines (CRUZ et al, 1988).

Les principaux lépidoptères sur grains sont : *Sitotroga cerealiella* : communément appelé l'alucide, *nemapogon granella* (teigne des graines), et *plodiainter punctella* (STEFFAN, 1978).

Au niveau des stocks, une grande variété d'espèces déprédatrices peut être rencontrée. Le *Sitophilus oryzae* est classé comme étant l'espèce la plus nuisible à l'ensemble de la production céréalière, au niveau mondial et national (FOURAR, 1994).

I.6.3 Succession des peuplements

Au niveau des stocks se trouve une multitude d'espèces à critères écologiques voisins qui constituent une succession de peuplement variable en fonction d'une part de l'aptitude des espèces à attaquer directement le grain et à permettre l'implantation d'espèces moins performantes et d'autre part, du régime alimentaire. C'est ainsi que nous pouvons rencontrer dans un stock de céréales:

Des hôtes primaires caractérisés par la capacité à attaquer directement le grain et à favoriser l'implantation d'autres espèces.

Suivant l'accessibilité des moyens de stockage et des conditions de conservation, cette catégorie de prédateur peut comprendre, les acariens des grains (*Acarus*, *Tyrophagus*), les insectes cléthrotophages capables de s'attaquer aux grains entiers (*Cucurlionidae*, *Bostrychidae*, *Gelechiidae*), les moisissures et les bactéries.

Des hôtes secondaires qui se développent sur des céréales déjà dépréciées physiquement ou biologiquement tels que les grains cassés, piqués ou moisissus. Il s'agit des insectes saprophages qui s'alimentent à partir de la matière organique décomposée (*Nitidulidae*, *Cryptophagidae*), des insectes et acariens mycophages qui se nourrissent de moisissures se développent sur le grain ou d'insectes psychophages qui s'alimentent de débris de grains et de grain cassés (*Cucujidae*, *Tenebrionidae*, *Pyralidae*) (CANGARDEL, K. 1978).

Des hôtes tertiaires, espèces généralement liées à la présence de déprédateur primaires ou secondaires dont ils sont parasites ou prédateurs. Ils comprennent les espèces ectoparasites, les acariens et les insectes prédateurs ainsi que les insectes nécrophages qui se nourrissent à partir de cadavres d'insectes (LEPESME, P, 1944)

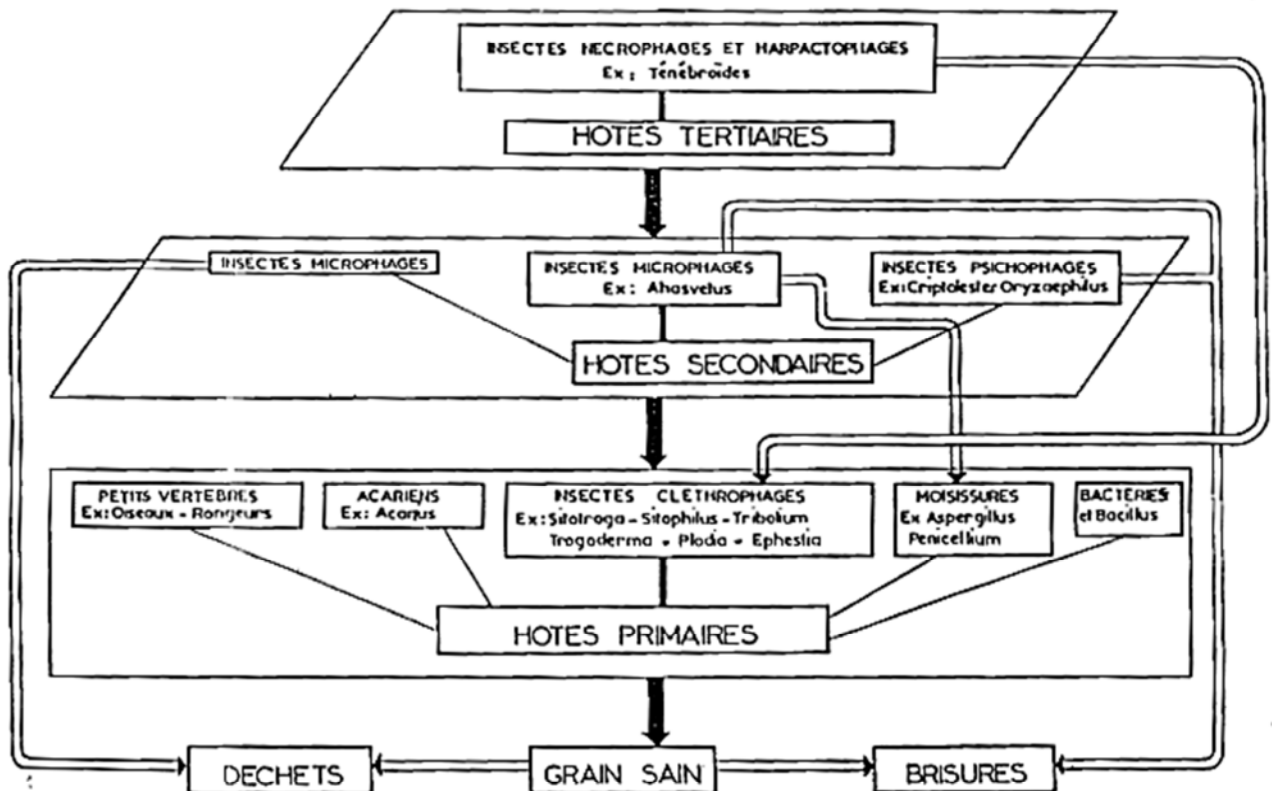


Figure 06 : Succession des agents biologiques dans les stocks de céréales (Diagrammes de GANGARDEL in KOUASSI) (KOUASSI B., 1991).

II. Présentation de l'espèce étudiée

II.1 Introduction

En se référant aux résultats de l'enquête de la F.A.O sur les insectes des céréales entreposées et leur sensibilité aux insecticides, *Sitophilus oryzae* (L) est classé comme étant l'espèce la plus nuisible à l'ensemble de la production céréalière au niveau mondiale (CHAMP et DYTE, 1976).

Selon (FOURAR, 1987), les espèces d'insecte les plus fréquemment rencontrés sur les grains et les plus répandues à travers le territoire national Algérien sont :

Sitophilus oryzae (Linnaeus, 1763).

Sitophilus granarius (Linnaeus, 1758).

Rhizopertha dominica (Fabricius, 1792).

Trogoderma granarium (Evertis, 1899).

Tribolium confusum (Duv, 1790).

Tribolium castaneum (Herbst, 1797).

Ephesta kucinella (Zelner, 1879).

II.2 Position systématique

Le charançon du riz est un coléoptère faisant partie de la famille des *Curculionidae*, le genre *Sitophilus*, ce dernier comprend trois espèces: *S. granarius* (L), *S. oryzae* L, *S. zeamais* Motsch.

D'après Borror et al (1981), la position systématique de *Sitophilus oryzae* (L), est la suivante.

- **Embranchement :** *Arthropodes*
- **SI Embranchement :** *Antennates*
- **Classe:** *Insectes*
- **Sous-classe :** *Ptérygotes*
- **Super-ordre :** *Coléoptéroïdes*
- **Ordre :** *Coléoptères*
- **Sous-ordre :** *Polyphaga*
- **Super-famille :** *Phytophagoidea*
- **Famille :** *Curculionidae*

- **Sous-famille :** *Rhynchophorinae*
- **Genre :** *Sitophilus*
- **Espèce :** *Sitophilus oryzae.L*

Le terme de charançon désigne, d'une façon générale, les *Curculionidae* *S. oryzae* caractérisés par le prolongement de la tête en forme de rostre à l'extrémité de laquelle se trouvent les pièces buccales broyeuses, ainsi que leur capacité à se développer à l'intérieur des grains.

S.oryzae a été longtemps confondue avec *S. zeamais* jusqu'à une date assez récente (HARYADI Y., 1991). La distinction entre ces deux espèces n'est sûre qu'après dissection des pièces génitales (HALSTEAD, D.G.H., 1963).

II.3 Répartition géographique

La plupart des espèces vivant dans les denrées alimentaires sont d'origine tropicale ; elles sont largement répandues dans les régions subtropicales et tempérées de tous les continents (BUQUET et al ,1978).

Les *Sitophilus* sont devenus cosmopolites, suite à l'accroissement des échanges internationaux et à la nécessité de stocker des quantités considérables de grains, ce qui a permis aux charançons et aux autres déprédateurs d'envahir les différents continents (FOURAR ,1994).

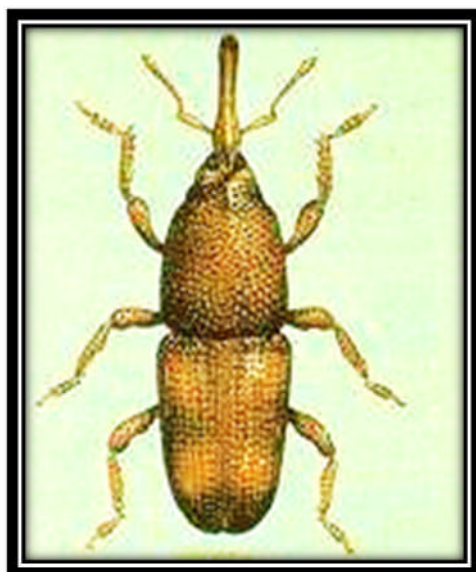


Figure 07 : Adulte de *Sitophilus oryzae* (L). (Anonyme, 2005(c))



Figure 08 : Larve de *Sitophilus oryzae* (L). (Anonyme, 2005(c)).

II.4 Biologie de développement

II.4.1 Conditions de développement

Les conditions du milieu influent de façon nette sur la dynamique des populations. Selon STEFFAN (1978), les charançons sont très sensibles à la sécheresse ; les conditions optimales pour leur croissance sont représentées par une température de 28°C et une humidité relative de 70%.

Le développement de l'insecte se fait à l'intérieur du grain ; avec son rostre, la femelle fait un trou dans un grain, y dépose un œuf puis rebouche le trou par du mucilage qui va durcir à l'air. Dès qu'elle apparaît, la larve creuse, au travers du grain, une galerie qu'elle va élargir au fur et à mesure de sa croissance ; elle se transformera ensuite en nymphe dans la loge qu'elle aura créée puis deviendra, après une dernière mue, un adulte qui sortira alors du grain pour se reproduire.

Au cours de ce développement qui est totalement caché, presque tout l'intérieur du grain aura été consommé ; il restera alors un grain vidé, perforés d'un trou à contour irrégulier, contenant les déjections du développement larvaire (CRUZ et al, 1988, In BELKHELFA et SAHI, 2004).

L'état du grain influe également sur la ponte ; les grains de petites taille, les grains secs, les grains brisés, les grains hébergeant déjà une larve, reçoivent en moyenne moins d'œufs que les grains soit de grandes dimensions, soit humides (teneur en eau supérieur à 9 %) soit entiers ou encore indemnes d'attaque (STEFFAN, 1978).

II.4.2 Description des différents états du cycle

Le cycle vital de *S.oryzae* comporte quatre stades : l'œuf, la larve, la nymphe et l'imago. (Fig.09).

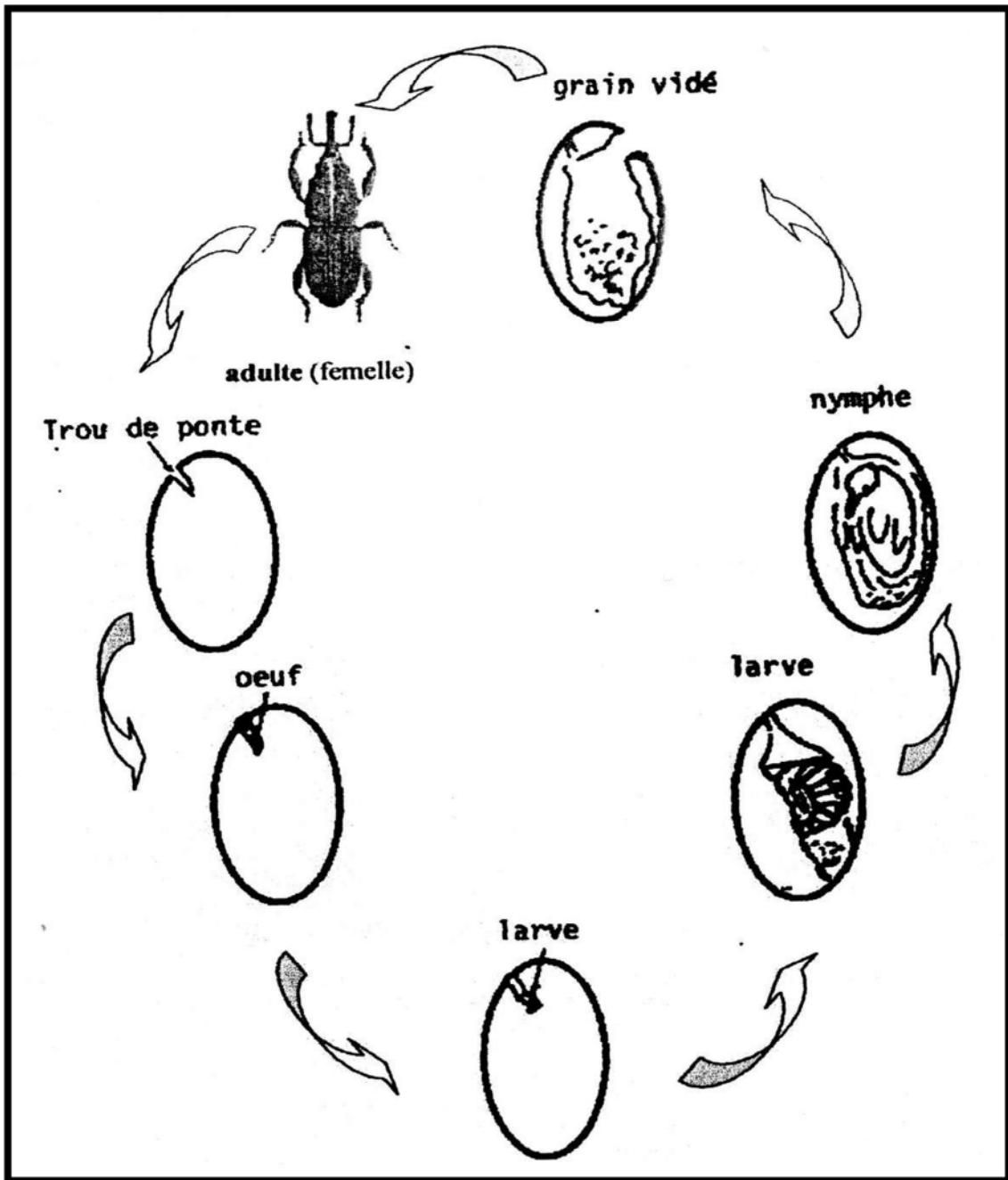


Figure 09 : Cycle de développement de *Sitophilus oryzae* (CRUZ et TROUDE, 1988).

L'œuf: l'œuf de *S.oryzae* est piriforme, blanc, brillant et mesure d'après (LEPESME. P, 1944) 0,65 à 0,70 mm.

La larve: après l'éclosion, la jeune larve passe par quatre stades que l'on identifie par la longueur de la capsule céphalique. La larve est apode et d'un blanc perle. Elle se singularise par sa forme extrêmement ramassée (STEFFAN J. R, 1978). Sa tête, d'un brun-clair, porte des mandibules plus sombres, fortes et triangulaires (LACOSTE P, 1970).

La nymphe: à son complet développement, la larve aménage une sorte de chambre de nymphose où elle passe par un stade prénymphe. Après une période d'immobilisation de 50 heures environ, la prénymphe se transforme en nymphe (LEPESME. P, 1944). La durée de ce dernier stade varie de 6 jours à 15 jours.

Après la métamorphose, la nymphe morphologiquement identique à l'adulte, reste repliée, le rostre tourné vers l'abdomen, se transforme en un imago d'aspect clair, qui demeure à l'intérieur du grain encore de 3 à 80 jours selon la température (MATHLEIN R, 1938), en attendant que durcissent ses téguments. L'imago perce, ensuite l'enveloppe du grain et s'échappe à l'extérieur par l'extrémité opposée au trou où l'adulte a déposé l'œuf.

L'adulte: la taille de *S. oryzae* est comprise entre 2,5 et 5mm. D'après (LEPESME. P, 1944); les charançons se caractérisent par le prolongement de leur tête en avant par un long rostre visible à l'œil nu, à l'extrémité duquel se trouvent les pièces buccales broyeuses et portant des antennes; pattes à fémur robuste, des tibias s'achevant par deux crochets arqués et des tarsi courtes de quatre articles.

II.5 Dégâts et régime alimentaire

Il faut distinguer les denrées pouvant servir à l'alimentation des adultes de celles où la ponte est possible : cette dernière ne peut avoir lieu que dans les produits durs pouvant fournir un appui à la larve apode ; ce sont les grains de céréales, puis les pâtes alimentaires (à l'exception des vermicelles et des pâtes trop minces).

La larve se développant à l'intérieur du grain, les dégâts ne sont donc pas visibles à l'œil nu; après la métamorphose, l'imago se fraye un passage en trouant l'enveloppe externe du grain.

L'adulte se nourrit au dépend de grains intacts ou déjà attaqués en y laissant des trous de forme irrégulière ; dans les grains très atteints, les charançons peuvent avoir dévoré entièrement l'endosperme, ne laissant que l'enveloppe perforée et rongée, ainsi ils provoquent une perte de poids, une détérioration de la qualité et parfois une contamination par les champignons (KRANZ et al, 1981, In, BELKHELFA et SAHI, 2004).

II.6 Distinction des sexes

D'après BALACHOWSKY (1966), le mâle diffère de la femelle par son dernier tergite abdominal arrondi et non subtriangulaire.

Cette distinction est possible :

En exerçant une légère pression sur la face abdominale des insectes vivants.

En observant les derniers sternites abdominaux qui sont plus courbés ventralement chez le mâle que chez la femelle.

D'après LEPESME (1944) et BALACHOWSKY (1966), le rostre du mâle est plus épais, plus court, plus densément et fortement ponctué que celui de la femelle.

II.7 Sensibilité des variétés des céréales à l'attaque de *Sitophilus oryzae* :

Le charançon du riz est universellement reconnu comme l'un des ravageurs primaires les plus dévastateurs des céréales entreposées ; pouvant complètement détruire le grain entreposé, et son invasion peut entraîner réchauffement du grain et favoriser le développement des ravageurs secondaires et les champignons.

Il a été montré que la sensibilité variétale des céréales à l'attaque des charançons est en fonction, d'une part, de la composition biochimique des grains (BUQUET et al, 1978, FOURAR, 1994), mais également de leurs caractéristiques physiques, les variétés dites résistantes ont une teneur en cellulose plus élevée et une grande dureté des grains. Pour leur alimentation, comme pour la ponte, les charançons opèrent une sélection parmi les denrées qui ne servent de nourriture

qu'aux adultes, les autres satisfaisant aussi bien leur besoin alimentaire que celui des larves et permettant la ponte. Par ailleurs, l'état du grain influe sur la ponte :

Les grains de petite taille, les grains secs, les grains brisés reçoivent en moyenne moins d'œufs que les grains de grandes dimensions, humides et/ou entiers (BUQUET et *al*, 1978).

Les charançons n'attaquent pas les grains de blé maintenus à 8 % et moins de teneur en eau et ne se reproduisent pas à une température inférieure à 18 °C ; donc, la sensibilité est plus élevée dans les grains humides (BOUDREAU et MENARD, 1992).

La teneur en protéines et en matières grasses sont corrélées positivement au développement du charançon ; en outre les variétés contenant une grande proportion d'acides aminés indispensables telle que la lysine (nutriment considéré comme un besoin diététique absolu pour la croissance optimum de *Sitophilus oryzae*) s'avèrent être les plus sensibles.

La résistance des variétés à l'infestation des insectes peut être exploitée en sélection, comme elle peut être un élément complémentaire dans la lutte intégrée à rencontre des déprédateurs des stocks (FOURAR, 1994).

II.8 Paramètres influencés par l'infestation de *Sitophilus*

La présence de *Sitophilus* dans un lot de céréales ou de produits dérivés entraîne des pertes quantitatives dont l'importance est proportionnelle au degré d'infestation et au taux d'accroissement de l'espèce; les dommages sont causés par l'adulte qui se nourrit, mais surtout par la larve.

Ces pertes quantitatives sont souvent accompagnées par des pertes qualitatives considérables ; elles influent sur:

II.8.1 La valeur boulangère

La force boulangère de la farine diminue au fur et mesure que l'infestation augmente, avec principalement une réduction du gonflement (FLEURAT-LESSARD, 1996).

Le gluten devient cassant et se désagrégé plus facilement avec une tolérance au pétrissage plus faible de la pâte.

Une élévation de l'acidité grasse est constatée, mais l'intensité de la libération d'acides gras sera fonction de l'espèce infestant (exemple, les attaques du capucin des grains seront plus néfastes que celles du charançon) [FOURAR (1994) et FLEURAT LESSARD (1996)].

II.8.2 La valeur meunière

Elle va diminuer suite au prélèvement de matière par l'insecte, en effet, en rongant les grains, les insectes occasionnent une diminution du poids de matière sèche de sorte que la quantité de farine extraite sera réduite (FOURAR, 1994).

II.8.3 La viabilité des grains

Elle baisse lorsque l'infestation touche le germe, lors d'un prélèvement important de l'endosperme ou dans le cas d'un échauffement des grains (FOURAR, 1994).

II.8.4 La qualité alimentaire

II.8.4.1 Caractères organoleptiques:

- **Saveur et odeur:** Ceci est particulièrement net pour les farines infestées par *Tribolium* qui dégagent une odeur désagréable due à la présence de substances quinoniques secrétées par les insectes.
- **Aspect:** Il peut devenir rebutant par la présence d'exuvies, de larves et d'adultes vivants et/ou morts, de soie et d'écaillés de Lépidoptères, d'excréments ; ces impuretés seront néfastes à la valeur commerciale des grains mais surtout des dérivés dont la couleur peut être complètement modifiée. (FOURAR, 1994).

II.8.4.2 La qualité nutritionnelle:

Les insectes peuvent causer de graves dégâts sur la valeur nutritionnelle en consommant l'albumen et parfois le germe des grains.

L'accroissement de la population d'insecte est suivi d'une baisse de la qualité et de la quantité des protéines. Plusieurs chercheurs ont démontré que les variétés de blé les plus sensibles aux infestations par les insectes sont celles qui contiennent

un plus grand nombre d'acides aminées indispensables par rapport aux variétés dites résistantes (FOURAR, 1994).

La composition des farines en éléments nutritifs peut être modifiée, notamment la teneur globale en matière grasse des grains avec tendance à favoriser la libération d'acides gras (FOURAR, 1994).

II.8.4.3 La qualité hygiénique

La contamination par les insectes est un élément favorisant les contaminations secondaires par les moisissures de stockage. (FLEURAT- LESSARD, 1996).

La sécrétion des substances toxiques peut causer des intoxications; c'est ainsi que les substances quinoniques secrétées par *Tribolium* sp ont un effet cancérigène détecté chez le rat (FLEURAT- LESSARD, 1978).

Outre les insectes, la flore dangereuse susceptible d'altérer la qualité des céréales entreposées est essentiellement constituée par les moisissures ; elle est appelée communément « flore de stockage ».

II.9 Méthodes de lutte contre les insectes des denrées stockées

La protection des céréales stockées contre les attaques d'insectes et d'acariens soulève des problèmes variés et elle doit faire appel à un ensemble de techniques différentes qu'il est nécessaire d'appliquer à bon escient.

Le souci majeur d'un stockeur est de garder son stock de céréale intact.

Un ensemble de mesure préventive et curative, il s'agit de toutes techniques destinées à réduire l'infestation au champ, au début du stockage ainsi que pendant le stockage.

II.9.1 Lutte chimique

Avec le développement de la chimie, on s'est vite rendu compte qu'il y avait tout un arsenal capable d'éliminer les ennemis de l'homme. Cette approche a conduit à une élimination spectaculaire, du moins à court terme, des organismes nuisibles, et à une détérioration parallèle, mais pas nécessairement visible de la qualité de l'environnement.

Depuis la venue des composés organiques de synthèse, on regroupe les insecticides en insecticides organiques (les organochlorés, organophosphorés, carbamates et pyréthri-noïdes représentent les grandes majorités des insecticides organiques de synthèse qui ont été employés ou sont utilisés actuellement) (REGNAULT-ROGER, PHILOGÈNE, 2005), et inorganiques (généralement à base d'arsenic ou de fluosilice, ils sont aujourd'hui prohibés).

Largement répandue, en raison de son efficacité, elle doit être appliquée avec discernement pour limiter les risques qu'elle peut faire courir aux consommateurs des denrées. Deux types de traitement sont généralement employés :

➤ Traitement par contact :

Il consiste à recouvrir les grains, l'emballage ainsi que les locaux de stockage d'une pellicule de produit insecticide qui agit par contact sur les déprédateurs, dont l'effet est plus ou moins rapide avec une persistance d'action plus longue.

➤ Traitement par fumigation :

La fumigation consiste à traiter les grains à l'aide d'un gaz toxique, qu'on appelle fumigant. L'intérêt majeur de la fumigation est de faciliter la pénétration des gaz à l'intérieur du grain et donc de détruire les œufs, larves et nymphes qui s'y développent (EL LAKWAH, WINKS, 1990).

Les inconvénients de l'usage des insecticides chimiques

A cause de leur effet négatif sur l'environnement, l'utilisation des insecticides chimiques est devenue de plus en plus restrictive (WMO, 1965). L'utilisation intensive des insecticides de synthèse pour lutter contre les insectes phytophages a conduit à la contamination de la biosphère. Selon PHILOGÈNE(2005), tous les pesticides posent un problème de contamination à court ou à long terme, selon la nature de la molécule utilisée dans les traitements et selon la manière avec laquelle ils sont appliqués. Les études consacrées à la dispersion des pesticides dans l'environnement ont prouvé la présence de ces produits dans plusieurs points de la biosphère qui n'ont subi aucun traitement (GREGOR et, GUMMER, 1989). L'utilisation des insecticides chimiques conduit aussi à un désordre écotoxicologique

qui est accompagné d'une augmentation spectaculaire du nombre d'espèces devenues résistantes aux insecticides chimiques (NAKAKITA, et WINKS, 1981).

Une dégradation naturelle et spontanée des pesticides chimiques est extrêmement rare, la cinétique de disparition par voie biologique d'un pesticide dans le sol débute toujours par une période de latence, plus au moins longue, au cours de laquelle la dégradation est pratiquement nulle.

Tous ces produits phytosanitaires ont une caractéristique en commun : ils sont neurotoxiques. Des résidus de pesticides ont été détectés dans de nombreux secteurs de la chaîne alimentaire : il a été prouvé que le DDT a une demi-vie de 10 ans dans l'eau et de 40 ans dans le sol exposé (REGNAULT-ROGER et *al*, 2002).

II.9.2 Lutte physique et mécanique

Elles concernent toutes les techniques mécano-thérapeutiques susceptibles de rendre le stock sain. En général, ces techniques ne sont pas efficaces contre les formes cachées. Elles sont recommandées pour pallier aux problèmes des résidus chimiques liés aux différents traitements chimiques appliqués aux denrées stockées. Ainsi plusieurs techniques ont été expérimentées et ont eu des succès divers : l'écrasement mécanique, le traitement par le froid et le chaud, le stockage étanche ou sous atmosphère contrôlée et les radiations ionisantes. (MULTON, 1982)

La lutte par le froid consiste à abaisser la température de stockage, ce qui entraîne un ralentissement du développement des insectes, freiné dès que la température est inférieure à 10°C. (MONGE et *al*, 1988).

La lutte par le chaud consiste à une élévation de la température (température supérieure à 50°C), ce qui entraîne la mort des insectes. Le passage des produits dans un séchoir permet d'éliminer les insectes présents dans les grains.

II.9.3 Lutte biologique

Ces dernières décennies, la protection de l'environnement s'impose de plus en plus comme une préoccupation mondiale majeure. La méthode classique de lutte biologique par utilisation de micro-organisme, de prédateurs, de parasitoïdes et de substances naturelles d'origine végétale, les industries agrochimiques orientent de

plus en plus leur effort vers l'étude de produits naturels pour la recherche de nouveaux insecticides (ADDOR, 1995).

Le concept de lutte biologique a subi une évolution au cours du temps et intègre dans sa définition actuelle toutes les formes non chimiques de contrôle des ravageurs des récoltes mais aussi des mauvaises herbes.

Les lieux de stockage représentent des systèmes stables, avec des niveaux déterminés de température et de l'humidité, parce qu'ils forment des enceintes closes, ce qui est favorable pour procéder à une lutte biologique.

L'utilisation des phéromones d'insectes attractifs et répulsifs d'alimentation est d'un haut niveau de détection. Ils peuvent être employés comme indicateur des époques d'application des méthodes de lutte contre certains ravageurs des denrées stockées.

Ainsi, la lutte par les insecticides botaniques est très recommandée, parmi les moyens mis en œuvre par les plantes pour se défendre contre leurs déprédateurs, les médiateurs chimiques jouent un rôle déterminant (MANN, 1987).

Dans le bassin méditerranéen, on rencontre un très grand nombre de plante aromatique. Son climat riche en luminosité et en chaleur, qu'accompagnent des saisons marquées, exige de la part des plantes des efforts adaptatifs favorable à une richesse moléculaire évolutive leur conférant de multiples propriétés, entre autre l'effet insecticide (PENOEL, 1994).

Les espèces de la famille de *Meliaceae*, *Rutaceae*, *Asteraceae*, *Labiatae* et *Canellaceae* sont les principales familles les plus prometteuses comme source de bioinsecticides (JACOBSEN, 1989).

Selon les ressources disponibles et la pression exercée par les phytophages, les familles des plantes développent des quantités différentes de leurs ressources à leur protection. Cependant, grand nombre d'entre elles n'a pas encore fait l'objet d'étude tant sur le plan phytochimique que sur le plan propriété insecticide.

III. Présentation de la rue de montagne:

III.1 Origine et histoire

La rue est originaire de la région méditerranéenne mais l'espèce est introduite dans le sud de l'Europe et sur les deux continents Américains (TEUSCHER et *al*, 2005). Elle affectionne les endroits secs (JOREK, 1983).

Les moines bénédictins la répandirent très tôt vers le nord, et durant tout le moyen âge, la plante joua un grand rôle lors de nombreuses cérémonies. Elle préservait de la peste et prévenait les maladies des yeux (VERDRAGER, 1978).

Aussi il semble que les romains utilisaient cette espèce comme substance abortive (Leclerc, 1990).

L'« herbe de grâce » fut célébrée jadis parce qu'elle facilitait les couches, remédiait au mutisme causé par quelques enchantements, soignait l'hypocondrie... et était réputée pour combattre les poisons et les venins et éloigner les serpents. Selon AVRAMOV, le roi Mithridate avait coutume d'user d'un opiat fait de vingt feuilles de rue, deux figues sèches et deux vieilles noix pour le préserver contre tous poisons. Et d'après lui, le fait de manger de la ciguë, ceruse, mandragore, pavot noir, ou quelques autres herbes, qui par leur grande froideur rendent les personnes endormies et stupides, pour se délivrer de ce danger, faire avaler le jus de rue, ou de vin ou elle aura bouilli (AVRAMOV, 2004).

III.2 Etymologie

L'appellation "rue", dérive du mot latin, "*ruta*", qui désigne la plante et qui trouve son origine soit du grec, « *ruo* », je conserve : la plante reste longtemps en feuille ; soit de « *reo* », je coule, en faisant allusion à ses vertus emménagogues (AVRAMOV, 2004).

III.3 Introduction

La rue de montagne (*Ruta montana*), aussi appelée « herbe de grâce » ou « péganion », est une plante vivace ayant une odeur très désagréable originaire de la région méditerranéenne et que l'on trouve notamment dans notre pays.

Les *rutaceae* doivent leurs nom à la rue d'été, un petit arbuste aromatique rustique qui a été cultivé durant des siècles dans les jardins comme plante médicinale, mais aujourd'hui on l'emploie dans l'alimentation, la parfumerie et pour le contrôle des ravageurs. Elle est répartie en quelque espèce ; telle que *Ruta montana* et *Ruta graveolens*, elles sont principalement rencontrées dans les régions tropicales et tempérées chaudes du globe. Ce sont essentiellement des arbustes parfois épineux ou plus rarement des plantes herbacées caractérisées par des poches sécrétrices d'un type particulier.



Figure 11 : les différentes parties de *Ruta montana* (ANNONYME (d), 2009).

III.4 Classification

D'après GUIGNARD (2001) et SPICHIGER (2004) ; la rue est appelée communément la rue de montagne ; elle est classé comme suit :

- Règne : *Végétal*
- Embranchement : *Spermaphytes*
- Sous embranchement : *Angiospermes*
- Classe : *Dicotylédones*
- Sous classe : *Dialypétales*
- Ordre : *Rutales*
- Famille : *Rutaceae*
- Genre : *Ruta*
- Espèce : *Ruta montana* L.

III.5 Caractéristique de la rue de montagne :

- Répartition des sexes : Hermaphrodite.
- Type de pollinisation : Entomogame.
- Période de floraison : Mai à août.
- Type de fruit : Capsule.
- Mode de dissémination des graines : Barochore.
- Habitat type : Garrigues méditerranéennes occidentales.

III.6 Les caractères influant sur la composition de l'huile essentielle de la rue d 'été:

Les jeunes pousses contiennent la plus grande concentration de composés médicinaux. Par contre, le contenu en huile essentielle est plus grand:

- dans les feuilles de plants jeunes que dans les feuilles de plants vieux;
- dans les fruits murs que dans les feuilles;
- dans les feuilles que dans les racines;
- dans les fruits des plants âgés que dans ceux des plants jeunes.

Il est intéressant de noter que la composition de l'huile essentielle ne varie pas selon différents milieux de culture. La lumière a par contre un effet déterminant sur la composition de l'huile. Un plant de rue poussant à l'ombre aura donc des propriétés différentes d'un autre poussant en plein soleil, l'exposition habituelle de cette plante dans la nature.

Il est souvent fait mention dans la littérature du fait que l'extraction des composés se fait plus facilement à l'eau qu'à l'alcool. (ANONYME(e) 2006).

III.7 Récolte et traitements

L'action médicinale des préparations galénique dépend du stade végétal de la plante, du moment de la récolte, les produits récoltés sont séchés et conservés.

La première récolte de la rue se fait à la deuxième année de croissance, pour l'utilisation fraîche, l'idéal de cueillir les jeunes tiges ou les feuilles juste avant la floraison. (JEAN, 2001).

Selon THURZOUA (1981) ; le séchage de la rue à lieu en principe à l'ombre, ou du mois dans un endroit protégé contre le rayon trop fort du soleil ou au séchoir à des températures entre 29°C et 43°C, elle est en détendues en baril de carton et passés au tamis de 6,4 millimètre pour enlever les impuretés.



Figure 12 : Schéma des différents organes de la Rue de Montagne (ANNONYME (e), 2012).

III.8 La composition chimique de *Ruta montana* L. (JEAN, 1992)

L'huile essentielle de *Ruta montana* (L) ; contient une douzaine de composés dont le plus important est le méthyl-nonyl-kétone. La plante contient également un glycoside, la rutine ou rutoside, qui est aussi appelée vitamine P. (JEAN 1992) présentent la revue la plus complète de la composition de la rue.

Les jeunes pousses contiennent la plus grande concentration de composés médicinaux. Par contre, le contenu en huile essentielle est plus grand:

- dans les feuilles de plants jeunes que dans les feuilles de plants vieux;
- dans les fruits murs que dans les feuilles;
- dans les feuilles que dans les racines;
- dans les fruits des plants âgés que dans ceux des plants jeunes.

Il est intéressant de noter que la composition de l'huile essentielle ne varie pas selon différent médiums de culture. La lumière a par contre un effet déterminant sur la composition de l'huile (JEAN, 1992). Un plant de rue poussant à l'ombre aura donc

des propriétés différentes d'un autre poussant en plein soleil, l'exposition habituelle de cette plante dans la nature.

Il est souvent fait mention dans la littérature du fait que l'extraction des composés se fait plus facilement à l'eau qu'à l'alcool.

III.9 Utilisation

III.9.1 Médicinales

❖ Peau

L'effet de la rue sur la peau revêt deux aspects. D'une part, la rue, comme plusieurs rutacées et certaines ombellifères, contient des composés susceptibles de provoquer des dermatites sous l'action du soleil. En fait, la rue serait la plante qui en contient le plus selon ZOBEL et BROWN (1990) le Bergaptène et le Xanthotoxine. D'autre part, il est reconnu depuis longtemps que le jus ou la sève des feuilles de la rue sert d'antidote contre les morsures de serpent, les piqûres d'insectes et les allergies dues aux plantes. Elle servirait également à soigner les maladies de peau comme le psoriasis ainsi que les blessures.

❖ Système nerveux

La rue est antispasmodique. Les Arabes en mâchent les feuilles, ce qui est sensé calmer tout trouble d'origine nerveuse. Les feuilles fraîches écrasées en application externe soulagent la sciatique. Traditionnellement, la rue était utilisée dans les cas d'épilepsie. Les victimes de la maladie portaient des feuilles de rue au cou pour prévenir les crises.

❖ Circulation sanguine

Une des propriétés reconnues de la rue par l'USDA Américaine est sa capacité pour abaisser la pression artérielle, ce qui en fait une plante utile pour le traitement des vaisseaux sanguins. La rue accroît également le flot sanguin au système gastro-intestinal, aidant dans le cas de coliques ou troubles digestifs.

❖ Sens

Les anciens reconnaissaient les vertus de la rue dans les cas de trouble de la vue.

En homéopathie, le jus extrait des plantes fraîches est utilisé pour renforcer la vue. BAÏRACLI-LEVY (1973) conseille pour soigner les cataractes de dissoudre les fleurs de rue dans un plat d'eau peu profond exposé au soleil. On baigne les yeux plusieurs fois par jour avec le liquide jaune obtenu en pressant les fleurs ayant trempées dans l'eau.

Le jus chauffé soulagerait également les maux d'oreilles.

❖ Fertilité

Le pouvoir de la rue est redoutable en ce domaine, la plante agissant sur l'utérus. En petites doses, la rue est bonne pour le soulagement des dysménorrhées. A plus forte dose, la rue est abortive et son utilisation a donc été envisagée comme "pilule du lendemain". GANDHI et *al*, (1991) ont déterminé que les racines broyées, les parties aériennes et l'extrait à l'eau des parties aériennes ont des propriétés anti-conceptives qui ne sont pas attribuable à la rutine.

Autrefois, la rue était utilisée comme anaphrodisiaque pour encourager à la chasteté.

III.9.2 Parasites

La rue est un antihelminthique, un vermifuge et un anti-amibique.

III.9.3 Autres

Selon l'USDA, la rue serait aussi bonne pour renforcer les os et les dents.

La rue est l'une des composantes du vinaigre des quatre voleurs, remède phytothérapeutique bien connu. Elle est aussi employée comme gargarisme.

III.9.4 Usage vétérinaire

La rue a déjà été employée dans de nombreux remèdes vétérinaires surtout pour aider à la délivrance et contre la météorisation chez les bovins, caprins et ovins. D'autres usages, ceux-là empiriques, incluent le traitement des fièvres persistantes des bovins, des parasites intestinaux, de la morve des chevaux (CABARET, 1986), des parasites externes et la prévention de la rage.

En homéopathie animale, la rue entre dans la composition d'un remède antirhumatismal et d'une poudre calcique.

Les symptômes d'un empoisonnement à la rue d'été chez les animaux sont: salivation, gastro-entérite aiguë, excitation puis prostration, bradycardie et avortement.

III.9.5 Utilisation en agriculture

La rue, de par sa forte odeur et ses composés puissants, est utilisée pour le contrôle des ravageurs, notamment contre les insectes. La rue est toxique pour les mollusques, les poissons et les oiseaux. Elle serait aussi nématicide.

❖ Maladies bactériennes

Selon (SMALE et *al.*, 1964 in JEAN, 1992), l'extrait à l'eau-acétone-éthanol (1:1:1) de la rue a des propriétés antibactérienne mais pas antifongiques. La rue serait efficace entre autres contre des maladies de plante telles que la tumeur du collet (*Agrobacterium tumefaciens*), la pourriture molle (*Erwinia carotovora*), la pustule bactérienne (*Xanthomonas phaseoli*) et la tache bactérienne (*Pseudomonas syringae*).

❖ Répulsif d'insectes nuisibles

La rue repousse le coléoptère japonais, insecte nuisible qu'on ne retrouve au Québec que dans l'extrême-sud. (METZGER, 1932 in JEAN, 1992) a pu repousser une population moyenne de coléoptère japonais sur des pêchers en utilisant une dilution de 1/25 d'extraits de rue.

JEAN (1992), a démontré l'efficacité d'une suspension à 10% de rue comme répulsif contre le doryphore de la pomme de terre, ce qui est aussi efficace que la tanaïsie.

Selon SMALE et *al.* (1964) in JEAN (1992), l'extrait à l'éther des graines de la rue est efficace contre le puceron de la féverole (*Aphis craccivora*). La rue repousserait également les chenilles en général, les mouches d'étable et domestiques, ainsi que les puces.

Pour des petites surfaces, on peut éparpiller les feuilles ou rameaux de rue dans la zone à protéger. Il sera bon d'écraser les feuilles d'abord afin d'accroître le dégagement de l'odeur. Pour de plus grandes surfaces à traiter, on pourra asperger un purin de la plante fabriqué en laissant tremper des feuilles dans de l'eau pendant une journée.

❖ **Attractif d'insectes nuisibles**

Selon le chercheur Doug Walker de l'Université de Californie à Davis, la rue est un attractif très puissant pour l'aleurode des serres (*Trialeurodes vaporariorum*). On peut l'utiliser avantageusement en plaçant un ou des plants de rue dans les serres afin de dépister les aleurodes. Si celles-ci sont présentes dans la serre, elles se retrouveront d'abord sur la rue. Les lâchers de guêpes parasitaires (*Encarsia formosa*) se feront alors au besoin.

III.10 Toxicité de la rue

La rue est une plante très puissante. Elle ne doit jamais être consommée par des femmes enceintes car elle est abortive. De grandes doses sont toxiques et provoquent la confusion mentale. L'huile essentielle peut même provoquer la mort.

- ✓ L'hydrastis du Canada (*Hydrastis canadensis* - Goldenseal) peut agir comme antidote en cas d'ingestion de doses excessives de rue.
- ✓ La manutention de la plante peut causer des réactions allergiques (photodermatites) semblables à celles de l'herbe à puce chez certaines personnes. (ANONYME 2006(5)).

IV. Les huiles essentielles

IV.1 Définition

Ce sont des produits odorants de composition chimique complexes renfermant des principes actifs volatiles et contenus dans les végétaux. Toutes les parties de la plante peuvent contenir des huiles essentielles dans des vésicules spécialisées (Charpentier et *al.*, 2008).

IV.2 Fonction biologique des huiles essentielles au niveau de la plante

Comme tout métabolite secondaire, le rôle écologique et évolutionnaire des huiles essentielles a été associé à la défense contre les animaux herbivores et les ravageurs des plantes, la guérison de blessures des organes de la plante, la Protection contre des insectes nuisibles, la résistance aux attaques microbiennes (propriétés fongicides et bactéricides), la protection de la plante du rayonnement ultraviolet et des oxydants (Daayf et Lattanzio, 2008) et l'attraction d'insectes et d'animaux intervenant dans la pollinisation (Soto-Mendivil et *al.*, 2006). Elles jouent également un rôle hormonal, régulateur et catalyseur dans le métabolisme végétal, et semblent aider la plante à s'adapter à son environnement et sont par conséquent produites en plus grande quantité dans des conditions extrêmes (Svoboda, 2000).

IV.3 Propriétés des huiles essentielles

Les huiles essentielles possèdent certaines propriétés physiques:

- A température ambiante, elles sont liquides alors qu'elles sont volatiles à température élevée, c'est leur volatilité qui les distingue des huiles fixes telles que l'huile d'olive.
- Elles sont très solubles dans les solvants organiques (alcool, éther) (Soto-Mendivil et *al.*, 2006).
- Pouvoir intense de diffusion et de pénétration.
- Elles sont très peu solubles dans l'eau.
- Elles ont une densité inférieure à celle de l'eau ($d < 1$).
- Substances très odorantes, souvent colorées (Bardeau, 1976).

IV.4 Localisation

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles se fait dans des structures histologiques sécrétrices spécialisées, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante ou dans les tissus végétaux (Bruneton, 1999) :

- Des cellules sécrétrices isolées (Cas des Lauraceae ou Zingiberaceae)
- Poils sécréteurs des Lamiaceae.
- Les poches sécrétrices des Myrtaceae ou des Rutaceae.

Les canaux sécréteurs des Apiaceae ou des Asteraceae (Price et al., 1999)

IV.4.1 Les cellules sécrétrices

La structure de sécrétion la plus simple est une cellule contenant un liquide de sécrétion qui la distingue des cellules non sécrétrices adjacentes. Ce type cellulaire est observé dans le parenchyme des feuilles de Citronella (*Cymbopogon nardus*), le rhizome du Gingembre (*Zingiber officinale*) (Mostefa Sari, 2011).

IV.4.2 Les cavités sécrétrices (ou poches sécrétrices)

Ces cavités sont plus ou moins sphériques et peuvent être formées de deux façons : les cellules parenchymateuses peuvent se séparer les une des autres laissant un espace intercellulaire appelé la lacune ou lumina, ou bien une cellule peut dégénérer créant une cavité dans le tissu. Ces espaces sont liés à des cellules sécrétrices ou à un épithélium qui produit les huiles essentielles. Les cellules, à parois minces, stockent les H.E produites à l'intérieur de leurs plastes (Svoboda, 2000).

IV.4.3 Les canaux sécréteurs

Ce sont des cavités allongées. Ils sont souvent reliés entre eux créant un réseau s'étendant des racines à la tige, aux feuilles, et aux fleurs fruits. Ils sont composés d'un épiderme qui entoure une cavité centrale. Certaines de ces cellules formant le mur de la cavité changeront en cellules épithéliales sécrétrices. Les huiles sont synthétisées dans leur leucoplastes puis transportés à travers le réticulum endoplasmique dans la cavité. Ces cavités se rejoignent pour former des canaux, lesquels peuvent être rencontrés chez le Cumin (*Cuminum cyminum*) de la famille des Ombellifères (Daayf et Lattanzio, 2008).

IV.4.4 Les poils sécréteurs

Ce sont des élongations des cellules épidermiques pour donner des poils dont les cellules terminales sécrètent des essences. Leur forme est variable et caractéristique d'une famille à une autre. (Speranza et Calzoni, 2005).

IV.5 Les molécules diversement fonctionnalisées

Les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entraînable lors de l'hydrodistillation : carbures (linéaires et ramifiés, saturés ou non), acides, aldéhydes, esters acycliques, lactones (Bruneton, 1999).

IV.6 Les méthodes d'extraction

IV.6.1 L'extraction par l'entraînement à la vapeur

Dans ce système d'extraction, le matériel végétal n'est pas en contact direct avec l'eau, il est soumis à l'action d'un courant de vapeur, les principes volatils, peu solubles dans l'eau sont entraînés et après condensation, séparés du distillat par décantation (Auclair, 2002).

L'injection de vapeur, au travers de la masse végétale disposée sur des plaques perforées, se fait à la base de l'alambic (Bruneton, 1999).

IV.6.2 Hydrodistillation

Elle consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter dans un alambic rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide (Bruneton, 1999).

Le condensat d'eau et d'huile essentielle est récupéré dans un erlen meyer puis transféré dans une ampoule à décanter pour la séparation des deux phases (Willem, 2004).

IV.6.3 Expression (ou pression à froid)

L'huile essentielle des agrumes se situe dans les zestes (partie externe du péricarpe). Pour l'extraire, on utilise la technique de l'expression : les fruits (bergamote, orange, citron...) sont pressés à froid. L'huile essentielle est ensuite

séparée du jus par centrifugation. Le produit obtenu est généralement appelé « Essence ».

IV.6.4 Autres principes

Lorsque l'huile essentielle ne peut pas être extraite par ces méthodes, on utilise :

- **L'enfleurage (ou macération)** : méthode ancienne utilisée uniquement pour les fleurs fragiles (exemple : jasmin, rose). Les parfums sont extraits par contact avec une manière grasse, qui est ensuite lavée à l'alcool pur. Après évaporation de l'alcool, on obtient une absolue.
- **L'extraction par solvant** : technique utilisée pour extraire certains composés contenus dans les plantes non entraînés par la vapeur d'eau. En utilisant des solvants, on obtient des extraits plus complets (substances volatiles, triglycérides, cires,...). Ces solvants sont ensuite éliminés pour conserver les substances les plus volatiles. On obtient soit des concrètes (substances végétales fraîches), soit des rétinoides (substances végétales sèches).
 - **Les solvants organiques** utilisés doivent être dépourvus de toxicité et facilement éliminable : les plus utilisés sont l'hexane, l'alcool éthylique, l'acétate d'éthyle ou certains solvants chlorés (dichlorométhane).
 - **L'extraction au CO₂ supercritique** est une méthode relativement récente qui présente l'avantage de ne pas utiliser de solvant.

➤ Identification des huiles essentielles

Il existe de Différentes méthodes pour identifier les composants d'une huile essentielle, parmi celles-ci la chromatographie en phase gazeuse (C.P.G), Chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC).

IV.7 La conservation des huiles essentielles

Du fait que les huiles essentielles s'évaporent facilement, les produits végétaux doivent être séchés rapidement, à basse température et jamais au soleil, car sous l'action de la lumière et de l'air, les huiles se résinifient très facilement. De plus, l'action médicinale s'affaiblit lorsque les plantes sont conservées trop longtemps. (THURZOVA, 1978).

IV.8 Domaines d'utilisation des huiles essentielles

IV.8.1 En thérapeutique

Les huiles essentielles sont très riches en composés biologiquement actifs (Prabuseenivasan et *al.*, 2006). Ils possèdent des propriétés antibactériennes (Hammer et *al.*, 1999), antifongiques (Sokovic et van Griensven., 2006), antioxydante (Kordali et *al.*, 2005), et insecticides (Yang et *al.*, 2005).

Grâce à leurs pouvoirs curatifs: Spasmolytique (Gilani et *al.*, 2009), antispasmodique (Gilani et *al.*, 2008), anticancer (Sylvestre et *al.*, 2006), anti-inflammatoire, anti-ulcer (Dordevic et *al.*, 2007), antivirale (Schnitzler et *al.*, 2007), les huiles essentielles sont utilisées pour le traitement ou la prévention contre la plus part des maladies de l'homme.

IV.8.2 En cosmétologie

Les huiles essentielles sont largement utilisées dans la fabrication des produits cosmétiques tel que les parfums, savons, lotions et pommade de soins....etc. (Baydar et *al.*, 2004).

IV.8.3 En agroalimentaire

Les huiles essentielles peuvent être utilisées comme additifs alimentaires (Deba et *al.*, 2008). Elles sont actuellement employées comme aromes alimentaires, et peuvent servir en même temps comme agents de conservation des aliments grâce à leur effet antimicrobien, et ce d'autant plus qu'elles sont reconnues comme saines (Caillet et Lacroix, 2007).

Les huiles essentielles ont des effets anti-appétant, affectant ainsi la croissance, la mue, la fécondité et le développement des insectes et acariens (Keane et Ryan, 1999).

I. Introduction

Avec le développement de la chimie, on s'est vite rendu compte qu'il y avait tout un arsenal capable d'éliminer les ennemis de la plante (bactéries, champignons, nématodes, insectes..). Cette approche a conduit à une élimination spectaculaire, du moins à court terme, des organismes nuisibles, et à une détérioration parallèle, mais pas nécessairement visible de la qualité de l'environnement (BENAYAD N, 2008). A cause de leur effet négatif sur l'environnement, l'utilisation des pesticides chimiques est devenue de plus en plus restrictive (WMO, 1965).

Un examen systématique des découvertes phytochimiques répertoriées, en utilisant la base de données NAPRALERT (Natural Products Allert Database), révèle que seulement 2 à 5% des espèces végétales ont été examinées en détail d'un point de vue phytochimiques (SOEJARTO et *al*, 1989). Une étude réalisée par BALICK et *al* (1995) a montré que moins de 1% des plantes tropicales sont étudiées d'un point de vue phytochimiques. Par conséquent, la voie reste ouverte vers la découverte de nouvelles plantes et par la même de nouvelles molécules à effet bactéricide, nématicide, insecticide ou fongicide (BENAYAD. ,2008).

Les biopesticides d'origine végétale peuvent constituer une solution alternative de ces dernières décennies. Leurs propriétés pesticides et leur relative innocuité environnementale en font des composés très intéressants pour les traitements phytosanitaires à venir (REGNAULT et *al*, 2005).

II. Objectifs

Ce présent travail a pour objectifs d'évaluer l'efficacité insecticide de l'huile essentielle de La rue de montagne (*Ruta montana*) sur le charançon de riz (*Sitophilus oryzae*), cette étude comprend trois parties essentielles :

*La première partie consiste à l'extraction de l'huile essentielle de la plante spontanée la rue de montagne (*Ruta montana*) par Entraînement à la vapeur.

* La deuxième partie consiste a identifié les composés chimiques à partir de l'huile essentielle obtenue par chromatographie en phase gazeuse couplées (CG/SM).

* La troisième partie concerne l'étude du pouvoir insecticide de cette huile essentielle vis à vis le charançon de riz (*Sitophilus oryzae*).

III. Matériel biologique

III.1 Espèce entomologique

Les individus de *Sitophilus oryzae* qui ont servi à notre expérimentation provient d'un élevage de masse sur blé tendre, effectivement au niveau de laboratoire de Zoophytiatrie, Département des sciences agronomique, Université SAAD DAHLEB (BLIDA) à partir d'une souche issu de CCLS (Coopérative des céréales et des légumes sec d'El Affroun) .L'élevage de masse est conduit dans des boites perforé et miss dans des étuves réglés à une température 30 C° et 70%.d' humidité relative.



Fig. 12 : Étuve d'élevage des insectes (Originale 2012)

III.2 Les espèces végétales

Nous avons choisi une plante spontanée de la famille des *rutacées*. Leur identification a été faite au laboratoire de botanique du département d'Agronomie (université de Blida), puis confirmée par l'utilisation des clés de détermination de la flore de QUEZEL et SANTA (1963).

La rue de montagne est récoltée dans la chaîne montagneuse de la wilaya de Médéa (Daïra de Berrouaghia) et de la région de Hammam Melouan de la wilaya de Blida, pendant le stade floraison respectivement durant les mois de Mars et Mai. Les échantillons sont ensuite lavés avec l'eau de robinet puis séchés à l'air libre et à l'ombre pendant 21 jours. Devenue sèche, les feuilles de la plante récupérées, stockées dans des bocaux fermés hermétiquement et placées dans un endroit à l'abri de la lumière et de la chaleur avant leurs utilisations.

Plusieurs critères sont à prendre en considération pour le choix du matériel biologique végétal :

- La disponibilité des plantes sur le territoire national.
- Son usage en pharmacopée traditionnelle locale.
- Sur ses propriétés insecticides relatées dans la littérature.

IV. Matériel de laboratoire

IV.1 Matériel utilisé pour l'extraction des huiles essentielles

Les parties végétales utilisées pour extraire les huiles essentielles du *Ruta montana* sont les feuilles.

A. Principe

L'extraction des huiles essentielles a été effectuée par entraînement à la vapeur d'eau. Qui consiste à découper, peser, puis disposer la matière végétale dans un ballon d'un litre qui est relié par un coude au réfrigérant de type serpentin. La vapeur d'eau produite dans l'alambic, traverse la matière végétale et entraîne les molécules volatiles qui après condensation sont récupérées dans une ampoule à décanter. La phase organique est récupérée et conservée dans des tubes opaques en verres à une température de 0°C à 4°C.

L'extraction d'huile essentielle a été réalisée au niveau de l'entreprise Alphyt de Beni mered (Blida), (fig.13)



Fig. 13: dispositif d'extraction des huiles essentielles par entraînement à la vapeur d'eau (Originale).

B. Détermination de rendement en huile essentielle :

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre le volume d'huile essentielle obtenue et la masse du matériel végétal à traiter (Belyagoubi, 2006).

Par rapport à 100g de matière sèche:

Elles sont exprimées en pourcentage par rapport à 100g de matière sèche selon la formule suivante:

$$R = (V/M) \times 100$$

R : production (ou rendement) d'huile essentielle en ml/100g de MS ;

V : volume d'huile essentielle en ml ;

M : poids de la matière végétal exprimé par rapport à la matière sèche.

V. Analyse chromatographique de l'huile essentielle

Les analyses de la composition chimique de notre huile essentielle *Ruta montana* ont été réalisées par Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS). Cette dernière est réalisée sur une chromatographie en phase gazeuse de type Hewlett-Packard (série HP 5980) couplé avec un spectromètre de masse (série HP 5772). Cette technique permet de déterminer simultanément le nombre de constituants de l'essence, leurs concentrations respectives, et leurs ordres de sorties, qui renseignent sur la volatilité, c'est à dire de leurs masses moléculaires, et de leurs polarités.

Cette analyse a été effectuée au niveau de laboratoire de contrôle de qualité de l'entreprise Alphyt (Blida), selon les conditions opératoires suivantes :

CPG :

Colonne capillaire 5% Phényl Méthyl Siloxane possède les caractéristiques suivantes :

- longueur : 30m
- diamètre interne : 0.25mm
- épaisseur du film : 0.25 μ m

Les conditions opératoires sont :

- La température de l'injecteur splitless : 250°C
- La programmation de température : de 40°C à 250°C à raison de 6°C/mn
- Le gaz vecteur : He à 1ml/mn (vitesse linéaire moyenne = 36 cm/sec)



Fig.14: Appareillage de la (CG/MS) (Alphyt, 2012)

IV.2 Matériel utilisé pour l'évaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles :

Le matériel utilisé pour cette expérimentation est constitué :

- Des étuves.
- Des boites de Pétri de 9 cm de diamètre
- Des papiers filtres de 9 cm de diamètre
- Des moustiquaires
- L'eau distillée
- Micropipette

VI. Préparation des doses a testées des différentes de traitements

A partir des huiles essentielles obtenues, nous préparons les doses à tester après dilution dans le tween 80(diluée 3%). selon une progression géométrique de raison de 2.

Nous avons utilisé le tween 80 comme témoin à cause de l'absence de l'activité insecticide et comme diluant pour former des microémulsions et donc l'homogénéisation de la solution d'huiles essentielles

Pour ces substances nous avons utilisé les doses suivantes :

- 1^{ère} dose ; 5mg de H E + 95 de Tween (3% diluée).
- 2^{ième} dose ; 10mg de H E + 90 de Tween (3% diluée).
- 3^{ième} dose ; 15mg de H E + 85 de Tween (3% diluée).
- Témoin : 100 mg de tween (3% diluée).

V.1 Application des traitements biologiques

Pour le mode du test, nous avons utilisé deux modes de traitement : contact et inhalation

V.1.1 Test d'efficacité par contact

La méthode de l'imprégnation de papiers filtres a été utilisée pour évaluer la toxicité des huiles par contact.

- Des papiers filtres de 9 cm de diamètre sont imprégnés chacun de 1ml d'une solution d'huile essentielle d'une concentration donnée. (Témoin imprégné avec le tween 80 diluée 3%)
- Les papiers filtres sont placés dans des boites de Pétri de 9 cm de diamètre et de 1 cm de hauteur. Dans chaque boite sont déposés 20 individus de l'insecte étudié. Les boites de Pétri sont recouvertes avec de la moustiquaire pour éviter la fuite des insectes.
- Après 24 heures d'exposition aux huiles essentielles, les insectes sont transférés dans des boites contenant 10 g de blé non traité et placés dans une étuve.
- Pour chaque huile essentielle nous avons utilisé trois doses en progression géométrique de raison 2. Trois répétitions sont réalisées pour chaque dose (même que pour le témoin).

V.1.2 Test d'efficacité par inhalation.

- Des morceaux de cotons sont imprégnés par 1ml d'une solution d'huile essentielle avec concentration donnée. (Témoin imprégné avec le tween 80 diluée 3%).
- Les cotons sont placés dans des boîtes de pétri de 9 cm de diamètre et de 1 cm de hauteur à condition qu'il n'y a aucun contact avec les insectes .chaque boîte contient 20 individus de l'insecte étudié est fermé hermétiquement.
- Après 24 heures d'exposition aux huiles essentielles, les insectes sont transférés dans des boîtes contenant 10 g de blé non traité et placés dans une étuve.

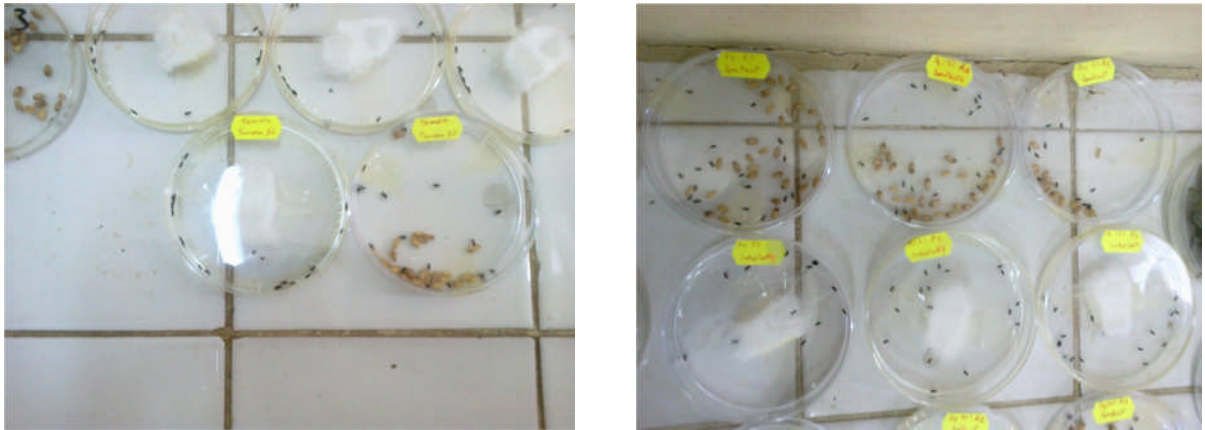
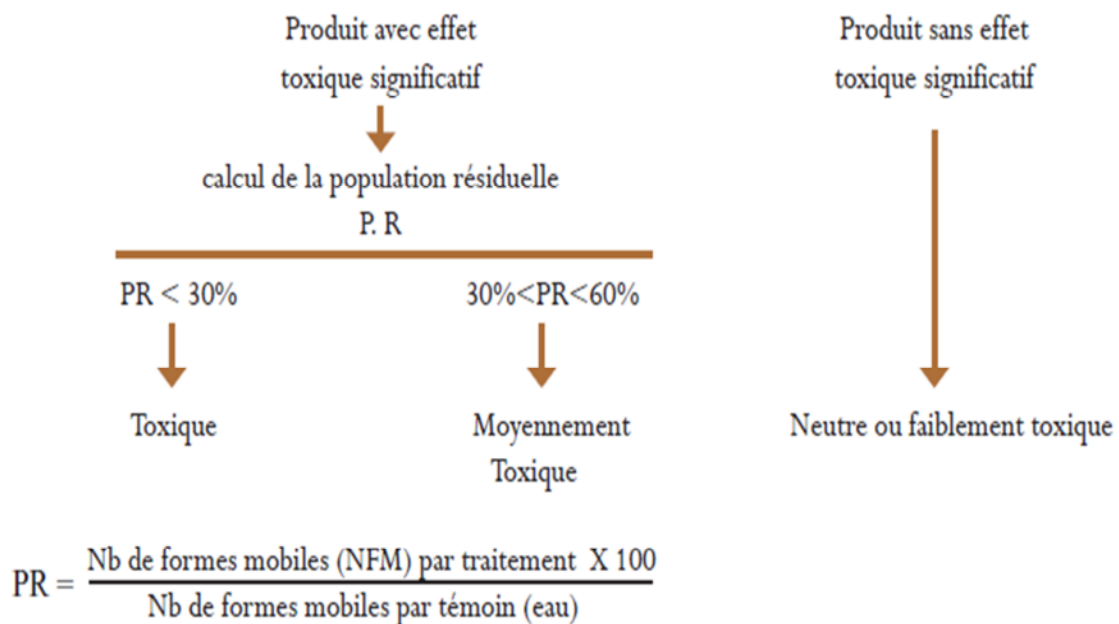


Fig. 15: Test de l'activité insecticide de l'huile essentielle Original)

VI. Estimation de la toxicité des traitements :

L'évaluation de l'effet toxique des traitements des huiles essentielles de la rue de montagne cueillis en mois de mars et mai dans les deux régions : Berrouaghia et hammam melouan, durant le stade floraison de la plante. Ont été estimés par la comparaison des abondances exprimées en pourcentage des populations résiduelles (PR) selon le test de Dunnett. Les différents pourcentages de PR obtenus permettent de déduire de la nature de la toxicité des substances contenues dans l'huile essentielle utilisée. Figure(5)



P.R. <30% molécule toxique

30% < **P.R.** <60% molécule moyennement toxique

P.R. > 60% molécule neutre ou faiblement toxique

VII. Analyse des résultats obtenus :

L'activité insecticide des différentes substances à savoir les huiles essentielles de la plantes, a été évaluée par la population résiduelle des individus de charançon.

Trois répétitions ont été réalisées afin de déterminer l'effet insecticide, ces répétitions ont été résumées par le calcul de la moyenne.

Nous avons utilisé le logiciel SYSTAT VERSION 13. En déterminant la variance à l'aide du test G.L.M (General Linear Model). Les différences ont été considérées significatives à $P < 0.05$, Pour pouvoir vérifier l'efficacité et la comparaison des substances étudiées vis à vis le charançon de blé en tenant compte les concentrations et les dates.

CHAPITRE II
RÉSULTATS ET DISCUSSION

I. Résultats :

I.1. Evaluation des rendements des huiles essentielles :

Le rendement de l'espèce végétales utilisée à savoir la rue de montagne en huile essentielle ressort dans la (Fig.15) dont on constate que le rendement le plus élevé est celui de l'espèce de la région de Berrouaghia avec 0.89% et le plus faible celui de la région de Hammam melouan avec 0.82%.

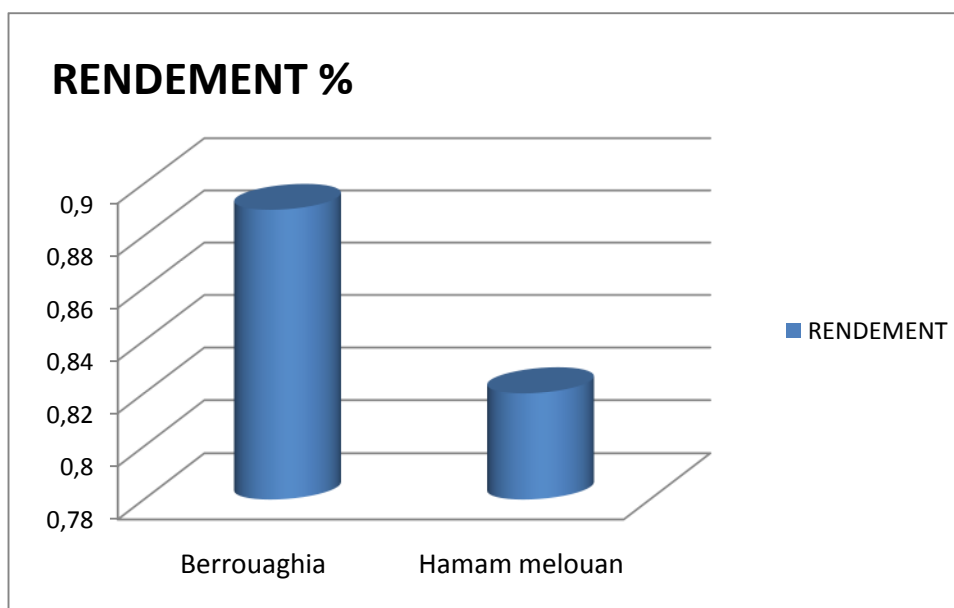


Figure 16 : Les rendements des plantes en huiles essentielles

I.2. Etude analytique des huiles essentielles des plantes utilisées par (CG/SM)

L'identification des composants chimiques de l'huile essentielle de La Rue de montagne (*Ruta montana*) est réalisée à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse, les résultats de notre étude sur la composition chimique de cette huile essentielle au (tab.4) nous présentent le temps de rétention, les noms et les pourcentages des différents composants identifiés.

Il est constaté que la fraction 2-Undécanone est ultra majoritaire dans les huiles essentielles des deux régions à savoir Berrouaghia et Hammam melouan dont les pourcentages sont : 59.39% et 49.39% respectivement, il est remarqué que le 6-(3',5'-Benzodioxyl)-2-hexanone est le composé majoritaire dans le huile obtenu en Mars (Berrouaghia) avec 13.17% et 3-Decanone est le composé

majoritaire dans le huile obtenu en mai (Hammam melouan) avec 11.57%, cette huile est aussi riche en fraction de 2-Decanone avec 12.25 % en mois de mars (Berrouaghia) et le 6-(3',5'-Benzodioxyl)-2-hexanone avec 11.23 % en mois de mai (Hammam melouan) .

Il est a remarqué que les fractions (Z)-3-hexen-1-ol-acetate (0.08%), et la fraction 3-Tridecanone (0.17%) se trouvent en petite quantités dans l'huile obtenu des deux régions.

Tab 4: Etude analytique d'huile essentielle de la rue de montagne par Chromatographie en phase gazeuse couplée (CG/SM).

Composés identifiés (formules brutes)	t_R (min)	Berrouaghia (%)	Hamam melouan (%)
(Z)-3-hexen-1-ol-acetate (C ₈ H ₁₄ O ₂)	9.86	0.08	0.45
p-Cymene (C ₁₀ H ₁₄)	10.75	0.46	0.448
D-Limonene (C ₁₀ H ₁₆)	11.96	0.10	0.379
2-Nonanone (C ₉ H ₁₈ O)	13.39	0.76	4.32
Nonanal (C ₉ H ₁₈ O)	13.77	1.64	1.61
2-Decanone(C ₁₀ H ₂₀ O)	17.43	12.25	9.06
3-Decanone (C ₁₀ H ₂₀ O)	18.61	-	11.57
2-Undecanone (C ₁₁ H ₂₂ O)	21.38	59.34	49.39
3-Dodecanone (C ₁₂ H ₂₄ O)	23.50	1.32	1.53
2-Dodecanone (C ₁₂ H ₂₄ O)	24.45	4.21	4.45
3-Tridecanone (C ₁₃ H ₂₆ O)	26.17	0.12	0.17
2-Tridecanone (C ₁₃ H ₂₆ O)	27 ?37	2.13	2.49
6-(3',5'-Benzodioxyl)-2-hexanone	37.47	13.17	11.23
8-(3',5'-Benzodioxyl)-2-octanone	42.22	0.59	0.65

I.3. Évolution temporelle des populations résiduelles du charançon sous l'effet des huiles essentielles de la rue de montagne.

L'activité insecticide des huiles essentielles de (*Ruta montana*) ont été évaluée in vitro sur le charançon du riz (*Sitophilus oryzae*).

I.3.1 Effet temporelle de l'huile essentielle obtenu de la région de Berrouaghia sur le charançon (*S. oryzae*) par contact :

Le pourcentage de forme vivante des charançons obtenus après l'application des huiles essentielles de la rue de montagne (*Ruta montana*) des deux régions montre un effet progressif des trois doses utilisées s'étalant sur une période après traitement de (24h -96h). Cependant, on note que l'huile essentielle appliquée à la dose D1 montre une faible toxicité au début de leur application pour atteindre une toxicité moyenne à la fin de l'essai. Dont l'effet insecticide le plus élevé est enregistré avec la dose D3.

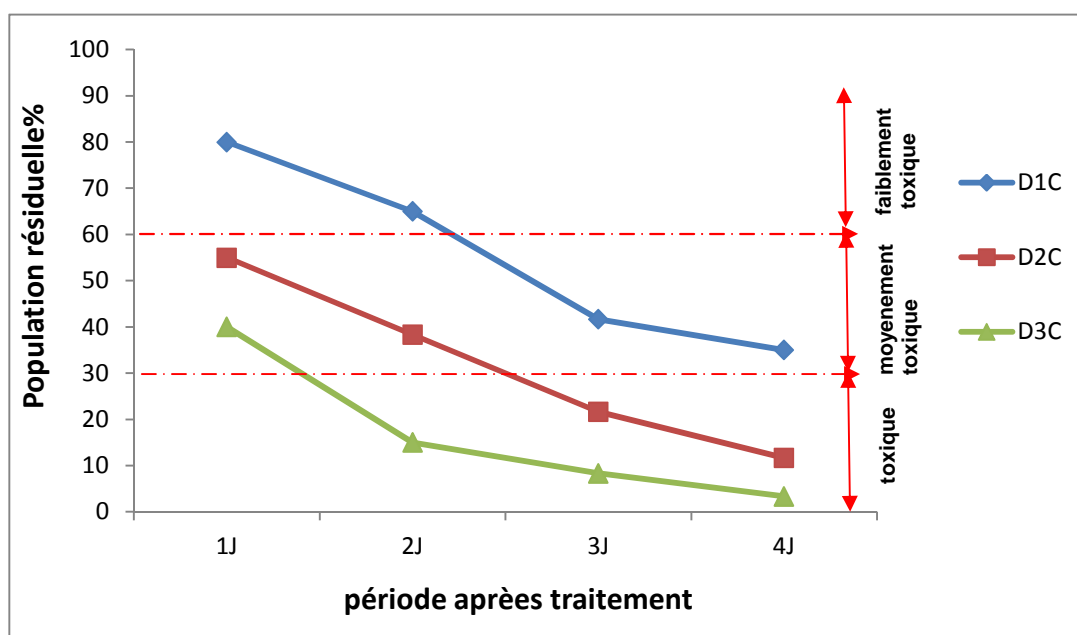


Figure17 : Evolution temporelle de population résiduelle de *S.oryzae* traite avec l'HE par contacte dans la région de Berrouaghia

I.3.2. Effet temporelle de l'huile essentielle obtenu de la région de Berrouaghia sur le charançon (*S. oryzae*) par inhalation :

Après l'application des traitements (HE) par ce mode, nous avons enregistré une faible toxicité au début de leur application (24 h) pour atteindre une toxicité moyenne à la fin de l'essai (96h) à la dose (D1 (5%)) et (D2 (10%)).

Tandis que la (D3 (15%)) montre une toxicité moyenne au début de l'application pour atteindre l'ordre toxique au bout de troisième jour. L'effet insecticide est nul chez les séries témoins (Fig. 17).

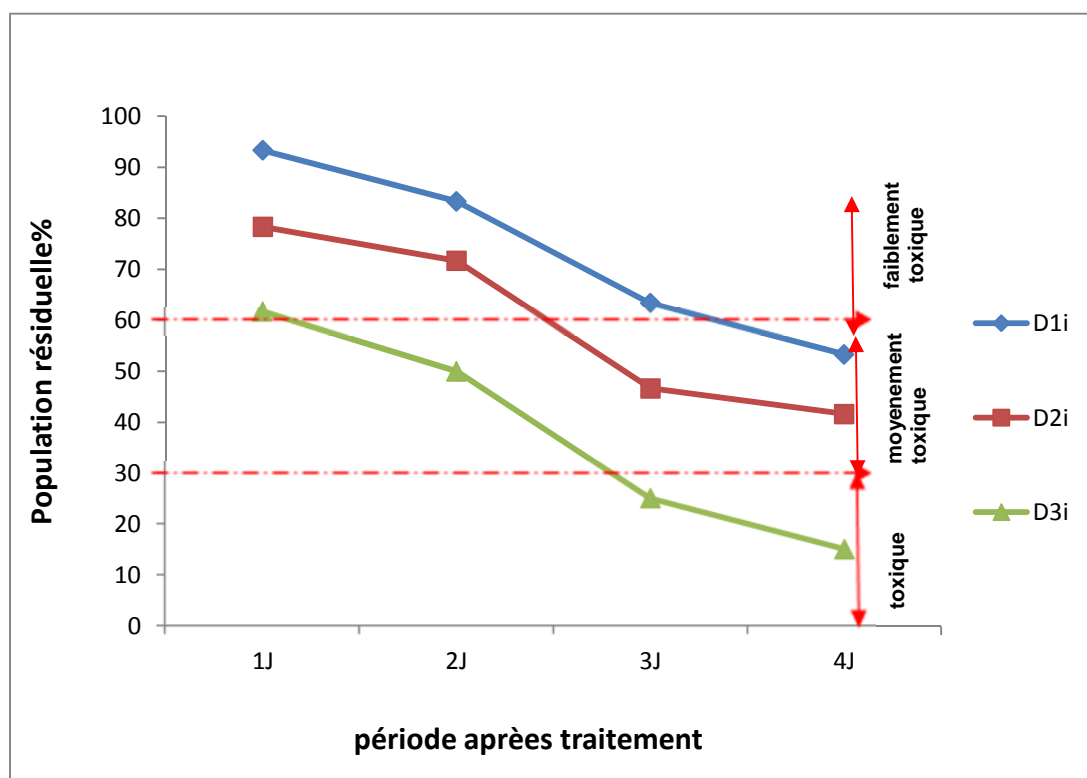


Figure 18: Evolution temporelle de population résiduelle de *S.oryzae* traite avec l'HE par inhalation dans la région de Berrouaghia

I.3.3. Effet temporelle de l'huile essentielle obtenu de la région de Hammam melouan sur le charançon (*S. oryzae*) par contact :

D'après la (Fig18), on constate qu'en fonction de la durée de traitements (24heure ,48 heure ,72 heure ,96 heure) une nette augmentation de l'effet insecticide a été notée sous l'effet de différentes doses, dont le pic est noté à partir du deuxième jour.

Tandis que la dose D3 évolue de la toxicité moyenne au début de l'application des traitements au premier jour vers une forte toxicité à la fin du suivi.

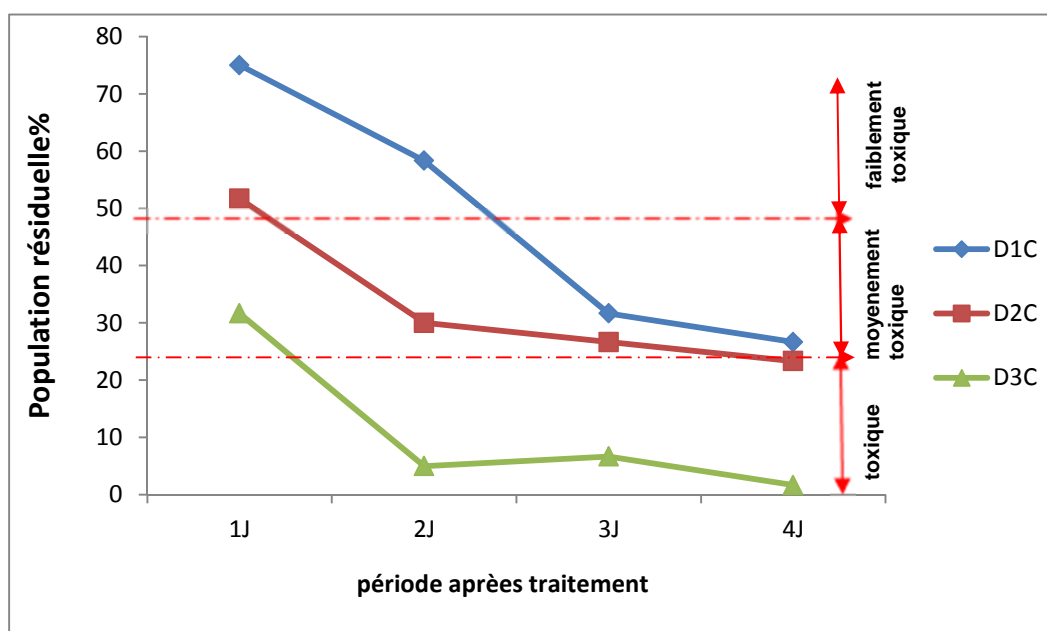


Figure.19 : Evolution temporelle de population résiduelle de *S.oryzae* traitée avec l'HE par contact dans la région de Hammam melouan

I.3.4. Effet temporelle de l'huile essentielle obtenu région de Hammam melouan sur le charançon (*S. oryzae*) par inhalation :

L'évolution temporelle des populations résiduelles montre un effet progressif des matières actives qui tendent vers un effet moyennement toxique au troisième jour. Cependant, on note que l'effet des traitements se révèle efficacement faible au bout de premier jour, s'accroît à 48h mais n'atteint son efficacité maximum qu'au bout de troisième jour. (Fig.19.) stipule une efficacité croissante et graduelle allant d'un effet de toxicité faible vers une toxicité moyenne.

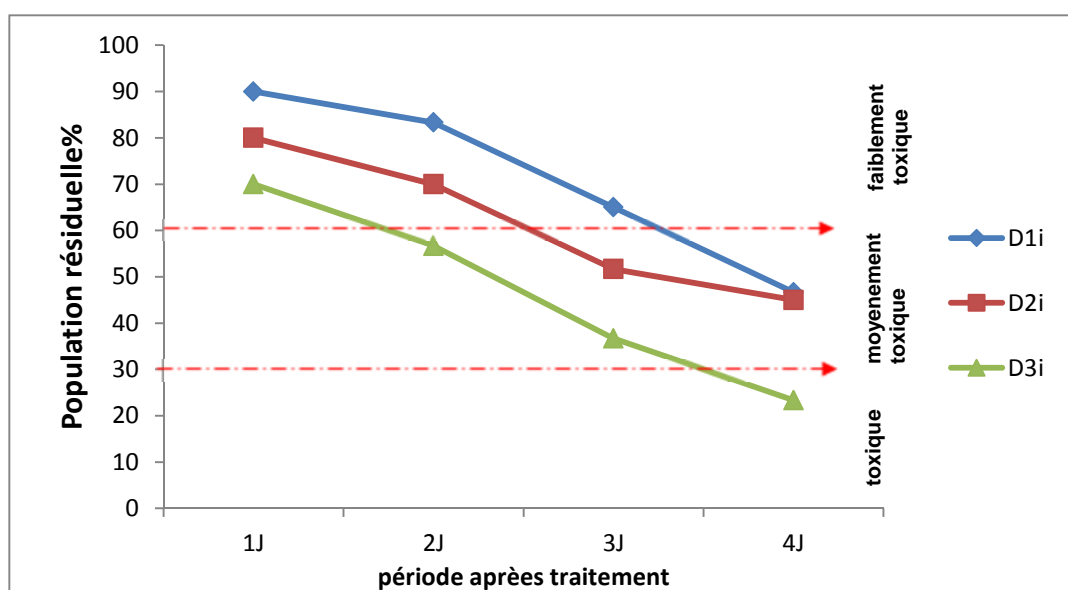


Figure 20 : Evolution temporelle de population résiduelle de *S. oryzae* traitée avec l'HE par inhalation dans la région de Hammam melouan

I.4. Étude de l'efficacité insecticide de l'huile essentielle de la rue de montagne

Nous avons utilisé l'application du modèle général linéaire (**G.L.M**) de l'analyse de la variance dans la série des programmes du logiciel systat vers .13 pour étudier la variation temporelle de la structuration des populations résiduelles en fonction de la nature, les doses, le mode de traitement et le temps d'exposition. Sans aucune interaction entre des différents facteurs.

Tableau 5 : Modèle **G.L.M.** appliqué aux essais de traitements de l'huile essentielle de Berrouaghia sur les populations résiduelles de *S. oryzae*

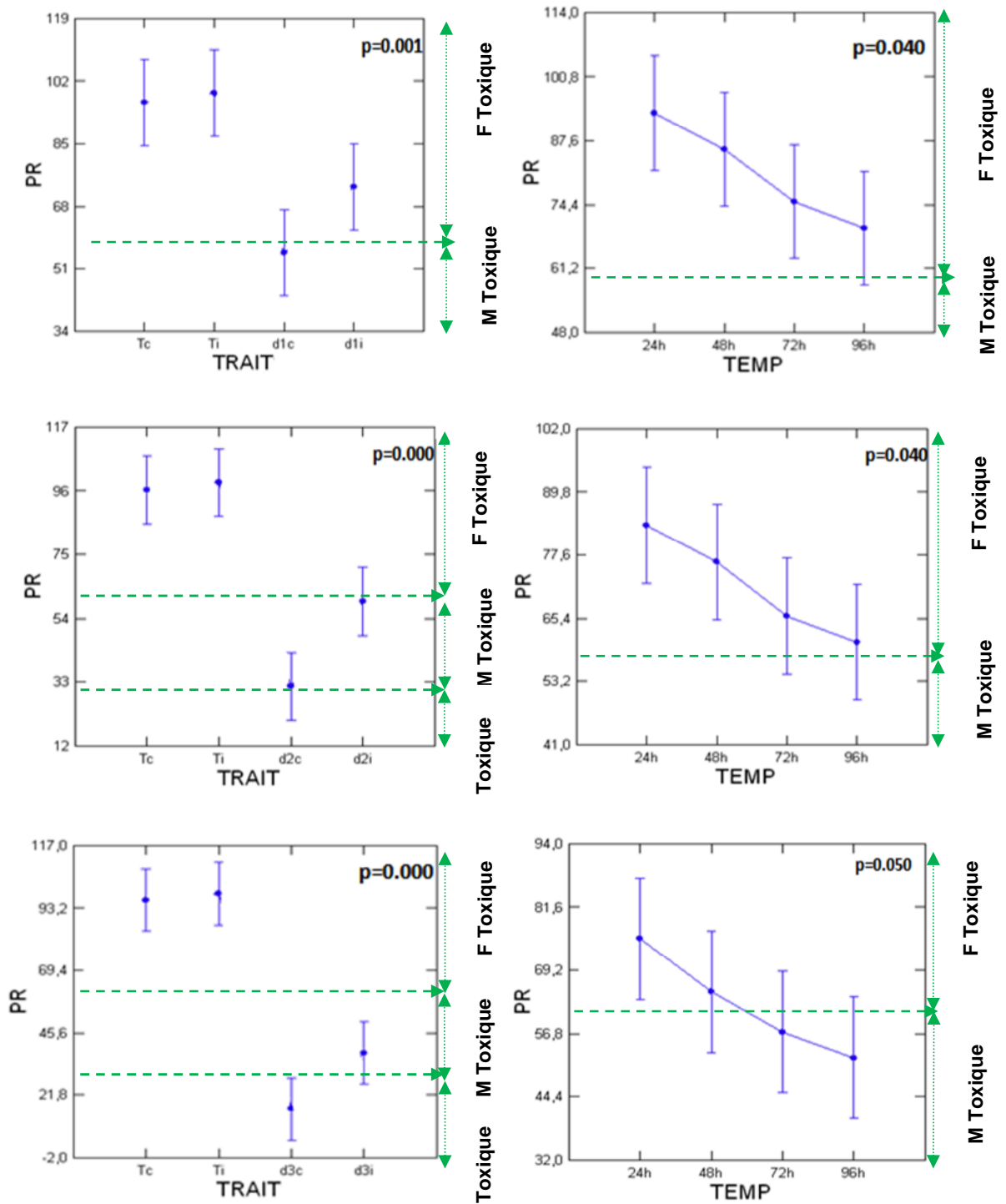
	Facteur	Somme des carrés	d.d.l	Carrés moyens	F-ratio	P
D1	traits	5 043,576	3	1 681,192	15,560	0,001**
	temps	1 367,187	3	455,729	4,218	0,040*
D2	traits	12 335,244	3	4 111,748	42,150	0,000***
	temps	1 233,854	3	411,285	4,216	0,040*
D3	traits	20 632,465	3	6 877,488	62,494	0,000***
	temps	1 243,576	3	414,525	3,767	0,053*

N.S.: non significative, * : Probabilité significative à 5 % ; ** : Probabilité très significative à 1 % ; *** : Probabilité hautement significative à 0,1 %.

Le tableau ci-dessus(5), désigne que les doses ont un effet hautement significatif sur les populations résiduelles des charançons traités par l'HE de la rue de montagne avec les valeurs respectives (F-ratio=15.560; p=0,001; p<0,01; F-ratio=42.150; p=0,000; p<0,001 et F-ratio=62.494; p=0,000; p<0,01).

En revanche le facteur temps d'exposition révèle l'existence d'une efficacité significative avec les valeurs suivantes (F-ratio=4.218 ; p=0.040 ; p>0.01, F-ratio=4.216; p=0.040; p>0.01, F-ratio=3.767; p=0.053; p>0.01).

D'après la (Fig20) L'huile essentielle de la rue de montagne de mois de Mars présente une toxicité faible à toxique selon les trois doses utilisées et selon le mode d'action. Les composés chimiques de cette huile présentent un effet sur les adulte de charançon étudié à travers les modes de traitement (contact et inhalation). Une évolution temporelle est enregistrée le long de suivi. (Fig.20)



Dc : traitement avec le mode contact

Tc : témoin du mode contact

Di : traitement avec le mode inhalation

Ti : témoin du mode inhalation

Figure 21 : Effet comparé de la variation temporelle des populations résiduelles de *S. oryzae* sous l'effet des différentes doses d'H.E de Berrouaghia

Tableau 6: Modèle **G.L.M.** appliqué aux essais de traitements de l'huile essentielle de Hammam melouan sur les populations résiduelles de *S. oryzae*

	Facteur	Somme des carrés	d.d.l	Carrés moyens	F-ratio	P
D1	traits	11 736,632	3	3 912,211	70,788	0,000***
	temps	826,910	3	275,637	4,987	0,026*
D2	traits	6 839,584	3	2 279,861	19,026	0,000***
	temps	1 670,139	3	556,713	4,646	0,032*
D3	traits	21 300,521	3	7 100,174	76,158	0,000***
	temps	1 068,576	3	356,192	3,821	0,051*

N.S.: non significative, * : Probabilité significative à 5 % ; ** : Probabilité très significative à 1 % ; *** : Probabilité hautement significative à 0,1 %.

Le tableau ci-dessus(6), désigne que les doses ont un effet hautement significatif sur les populations résiduelles des charançons traités par l'HE de la rue de montagne avec les valeurs respectives (F-ratio=70.788; p=0,000; p<0,01; F-ratio=19.026; p=0,000; p<0,001 et F-ratio=76.158; p=0,000; p<0,01).

En revanche le facteur temps d'exposition révèle l'existence d'une efficacité significative avec les valeurs suivantes (F-ratio=4.987 ; p=0.026 ; p>0.01, F-ratio=4.646; p=0.032; p>0.01, F-ratio=3.821; p=0.051; p>0.01).

Le modèle G.L.M. appliqué aux populations résiduelles de *S.oryzae* a montré une différence très hautement significative entre les populations résiduelles et les différentes doses utilisées, bien qu'une différence significative entre les populations résiduelles et les temps d'expositions (Fig. 21).

Il apparait une relation étroite entre la dose du traitement et la période après traitement, Après 24h, toutes les doses de l'huile essentielle signalent une toxicité faible (PR>60%) alors qu'après 72h, les doses appliquées offrent une toxicité moyenne (30<PR>60%), et après 96h, on remarque que le temps favorise une meilleure toxicité pour les traitements appliqués.

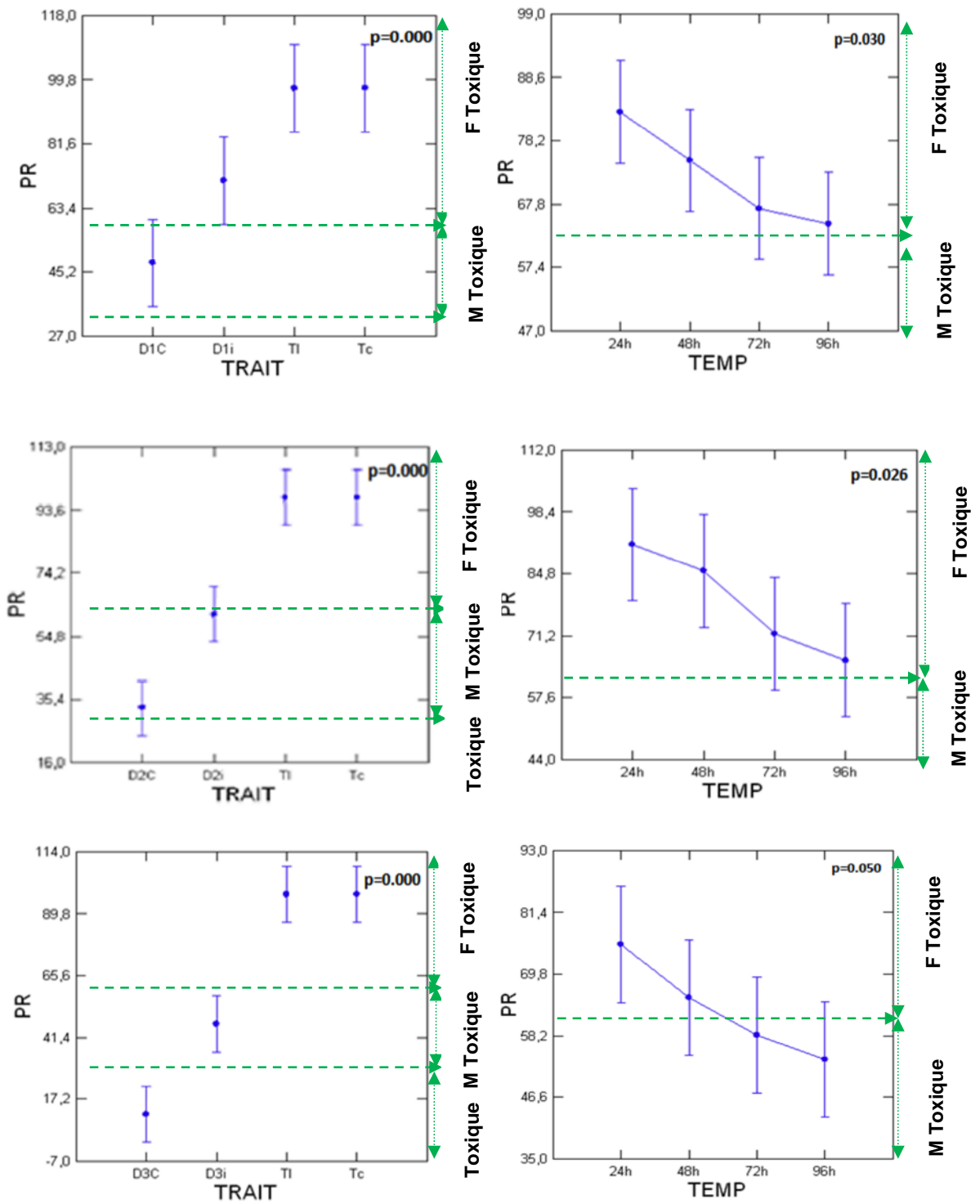


Figure 22: Effet comparé de la variation temporelle des populations résiduelles de *S. oryzae* sous l'effet des différentes doses d'H.E de Hammam melouan

I.5. Étude comparée de l'efficacité insecticide de l'huile essentielle de la rue de montagne des deux régions.

Dans le but d'évaluer l'efficacité des différentes doses appliquées des deux traitements, nous avons effectué une analyse de la variance (G.L.M) de tous les facteurs (doses, modes, régions, et temps).

Le (Tab 7) montre que deux doses en ressorte avec une efficacité très prononcée à savoir la dose D3 et la D2 de l'huile essentielle de la rue de montagne des deux régions avec ($PR \leq 30$). Cependant la dose D1 est moyennement toxique.

En revanche le facteur région a montré un effet non significatif ($p=0.884$; $p>0,05$).

Le (Tab 7) montrent l'effet net et très important du facteur temps par une probabilité très hautement significative. Cependant, les traitements utilisés présentent une faible toxicité sur les populations résiduelles au premier jour ($PR > 59$), deviennent moyennement toxique dès le troisième jour ($PR \geq 30\%$).

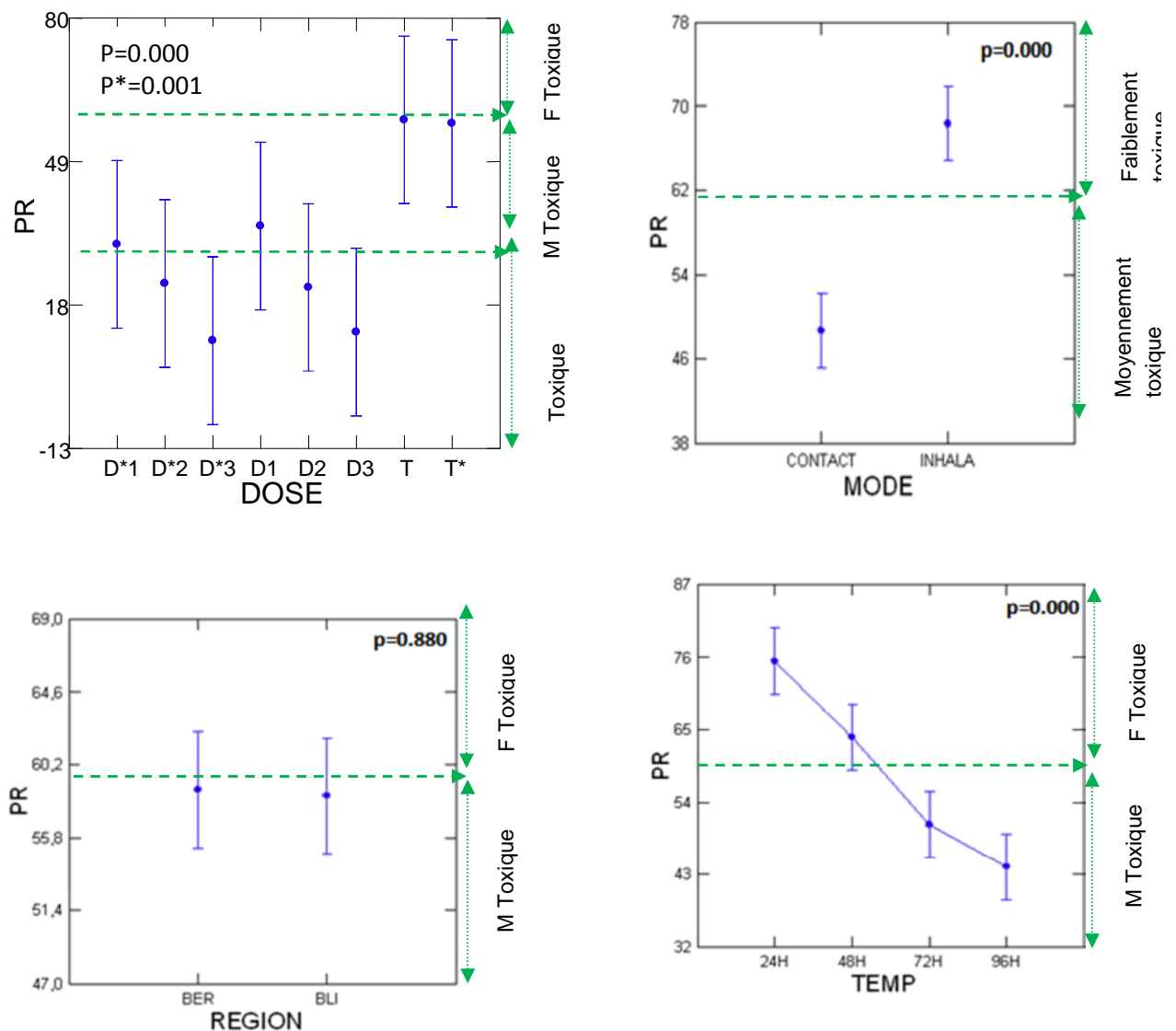
Pour le quatrième facteur le mode d'application ; ya une différence très hautement significative, les résultats mettent nettement en évidence l'importance du facteur mode sur l'efficacité des deux traitements utilisés.

Le mode contact présente une toxicité moyenne sur les populations résiduelles et le mode inhalation présente une toxicité faible (Fig22).

Tableau 7: Modèle G.L.M. appliqué aux essais de traitements sur les populations résiduelles de *S. oryzae*.

Source	Somme des carrés	df	Moyen des écarts	F-Ratio	p
Nature	41 611,936	3	13 870,645	139,103	0,000***
Dose	18 995,471	7	2 713,639	4,154	0,001***
MODE	6 168,793	1	6 168,793	61,864	0,000***
REGION	2,127	1	2,127	0,021	0,884 ^{ns}
TEMP	9 316,797	3	3 105,599	31,145	0,000***
Erreur	5 484,331	55	99,715		

N.S.: non significative, * : Probabilité significative à 5 % ; ** : Probabilité très significative à 1 % ; *** : Probabilité hautement significative à 0,1 %.



M : moyennement, F : faiblement
 D* : est les doses d'HE de mois mai, D : est les doses d'HE de mois mars
 Ber : st la région de (Berrouaghia), Bli : est la région de(Blida)

Figure 23 : Effet comparé de la variation temporelle des populations résiduelles de *S. oryzae* sous l'effet des différents facteurs).

II. Discussion:

Actuellement, les huiles essentielles des plantes commencent à avoir un intérêt très prometteur comme source potentielle de molécules naturelles bioactives. Ces produits font l'objet des études pour leur éventuelle utilisation comme alternative pour les traitements insecticides, bactéricides, nématocides et fongicides (YAKHLEF G., 2010).

Dans cette étude, un essai de l'efficacité insecticide de l'huile essentielle d'une espèce végétale *Ruta montana* cueillis en deux périodes Mars et Mai. Connu par leurs propriétés antiseptiques, antitoxique ; antiparasitaires a été réalisé sur des individus (adulte) de charançon (*Sitophilus oryzae*).

II.1. Evaluation de rendement des huiles essentielles

La technique d'extraction par entraînement à la vapeur d'eau ou l'Hydrodistillation sont largement utilisées pour produire des huiles essentielles de grande qualité par rapport aux autres méthodes d'extraction (Chiasson, Belauges et al ., 2001). Concernant les plantes étudiées nous remarquons que le rendement obtenu avec la rue de montagne de la région de Berrouaghia à travers l'extraction par entraînement à la vapeur est de l'ordre de (0.89%) suivi par celui de la région de Hammam melouane avec un taux de (0.82 %).

Selon (BOUSBIA, 2004), la grande variabilité de rendement en huile essentielle pourrait s'expliquer par divers facteurs, les conditions climatiques, la période de récolté, la nature de l'espace qui peut varier d'une région à une autre, l'emplacement des sites D'HE et les conditions opératoires.

la chromatographie en phase gazeuse (CPG) a montré que cette huile essentielle renferme 14 composés chimique dont la fraction majoritaire est dominée par 2-Undecanone suivi par 6-(3',5'-Benzodioxyl)-2-hexanone.

Cependant, selon (LAHLO ,2004), l'activité biologique des extraits à l'intégralité de ses constituant non seulement à ses composés majoritaires, car un effet synergique entre l'ensemble des composés est très probable.

II.2. Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles

Les résultats de cette étude semblent être intéressants et les huiles essentielles étudiées ont montré leur pouvoir biocide vis-à-vis l'insecte étudié.

Les huiles essentielles à base de la rue de montagne ont montré une toxicité temporelle plus ou moins similaire. Les applications réalisées ont enregistré une efficacité le long du suivi.

Dès les premières 24H, un effet toxique sur l'insecte a été enregistré ce dernier s'est accentué au bout de 96 heures. une évolution de toxicité allant de la première dose D1 (15%), puis la double dose D2 (10%) et enfin la dose D3 (15%).

Ces résultats ont été enregistrés sur les deux huiles essentielles testées, cependant l'huile essentielle issue de la plante de la région de Berrouaghia a montré une très forte toxicité par rapport à celle de la région de Hammam melouan

A partir de cette différence de toxicité entre les deux traitements biologiques Nous pouvons donc suggérer les hypothèses suivantes :

1-La composition chimique des deux huiles essentielles diffèrent d'une région à une autre, nous pouvons attribuer ce résultat aux conditions pédoclimatiques de chaque région.

2- Les modes d'action utilisés à savoir (contact et inhalation) n'ont pas engendrés le même effet toxique sur les populations résiduelles du charançon. Ce qui nous oriente à penser qu'il existe une différence dans la composition chimique de deux huiles essentielles et ces substances ont pu atteindre des différentes cibles de charançon.

selon ASHAUER et *al.*,(2006) le mode d'action physiologique du toxique correspond aux paramètres affectés, plus précisément

1- pour la survie, l'effet est une augmentation du taux de mortalité

2- pour la croissance, il s'agit, ou bien d'une augmentation du coût de construction de nouveaux tissus, ou de la diminution du taux de nutrition

3-pour la reproduction, il s'agit soit d'un effet sur la croissance qui réduirait la reproduction, soit d'une réduction directe de la fécondité

A travers l'analyse quantitative et qualitative des huiles essentielles par CPG nous pouvons avancer que l'activité insecticide des huiles essentielles étudiées est due à

la présence des composés chimiques majoritaires (principe actif) et surtout les 2-Undecanone, ainsi la rapidité de leur effet volatile.

Les résultats des tests du pouvoir insecticides sont intéressants. Ces résultats ont montré une forte activité biocide sur le charançon en relation avec l'huile essentielle, sa concentration et le mode utilisée.

II.2.1. Mode contacte

D'après nos résultats, nous constatons que les deux huiles essentielles testées se sont montrées toxiques par contact vis-à-vis de *Sitophilus oryzae*. Cette toxicité varie en fonction des doses utilisées, de temps d'exposition et de l'origine (région).

Toutes les concentrations testées ont montrées une activité insecticides, les D2 (10%) et D3 (15%) ont montré l'effet insecticide le plus élevé par rapport aux D1 (15%).

Comparé aux témoins teewin 80 (3%) aucune mortalité n'a été enregistrée même après 96 heures.

Cette variabilité de toxicité est due à la présence des différentes quantités de 2-Undecanone comme composés majoritaire ou d'autres composés secondaires qui peuvent avoir un effet dans les deux traitements biologiques des deux régions.

L'activité toxique par effet contact de plusieurs huiles essentielles sur *Sitophilus oryzae* et d'autres insectes des denrées stockées ont été mis en évidence par de nombreux auteurs. ;

Selon SAADALI et al (2002), *Artemisia draculus* est toxique vis-à-vis de *Sitophilus oryzae*, cette toxicité est causée par deux alcaloïdes (constituants principaux de cette plante). Aussi les travaux d'EL GUEDOUI (2003) sur l'effet toxique de l'huile essentielle de thym par contact sur *Rhyzoperta dominica*, ont mené à une mortalité de 100%.

Nous avons noté que les deux huiles testées agiraient d'une manière intéressante par contact. Ce résultat rejoint les travaux ayant traité la toxicité des pesticides à modes d'action différents. Le produit appliqué sur le thorax traverse la cuticule au travers des canalicules cireux et la distribution s'effectue directement dans l'organisme, plus particulièrement dans les zones les plus lipophiles (GILBERT M.D. ET WILKINSON C.F., 1975) L'hémolymphe véhicule la molécule dans tout le corps de l'insecte (PADILLA S., 1995). Il a été démontré une accumulation

progressive des molécules toxiques dans la corde nerveuse puis dans les corps gras (site à monooxygénase) chez la blatte américaine (*Periplaneta americana* (L) (BURT P.E., et al 1971)

II.2.2. mode inhalation

Pour le mode de pénétration par inhalation, nous avons constatés que les deux huiles essentielles étudiées possèdent une action biocide sur notre ravageur, un taux de population résiduelle varie entre 47% à 70% a été obtenue avec les trois doses utilisées.

L'effet toxique des huiles essentielles est à l'origine des principes actifs rapidement volatiles. Malgré leur faible toxicité par rapport au mode contact mais avec un effet volatil plus au moins long.

Les données relatives à la comparaison de l'efficacité des deux biopesticides utilisés nous montrent que l'huile essentielle de la région de Berrouaghia présente une forte et meilleure toxicité sur les charançons. Cependant le traitement biologique de la région de Hamam melouane a montré aussi une efficacité insecticide moyenne.

Nous pouvons conclure que la différence enregistrée dans la composition chimique des deux huiles essentielles identifiée par la CG-SM est l'origine de cette différence dans l'efficacité de ces traitements.

Nous pouvons souligner aussi que les deux huiles essentielles de la rue de montagne semblent donc manifester vis à vis *Sitophilus oryzae*, une toxicité beaucoup plus par contact que par inhalation.

CONCLUSION

Dans le présent travail, l'activité insecticide d'une espèce végétale (*Ruta montana*) appartenant à la flore Algérienne constitue une étude préliminaire sur la recherche de nouvelles molécules bioactives à intérêt pesticide.

Les résultats de la présente étude portant sur l'évaluation du pouvoir insecticide de deux huiles essentielles issus de *Ruta montana*, récolté de deux régions (Berrouaghia et Hamam melouan), révèlent : que ces traitements présentent des potentialités et pourraient être utilisés et exploités avec succès pour la gestion des insectes des denrées stockées .

La comparaison de l'efficacité des deux biopesticides utilisés dans cette étude nous indique que l'huile essentielle à base de la rue de montagne de la région de Berrouaghia présente une forte toxicité sur le charançon de riz. suivie par l'efficacité moyenne de l'huile essentielle de la région de Hamam melouan.

Ces traitements ont montré un effet toxique par le biais des doses appliquées. Les doses (D2 (10%)) et (D3 (15%)) ont montré le taux de toxicité le plus élevé. En revanche, la toxicité la plus faible a été enregistrée à la dose (D (15%)).

Les huiles essentielles utilisées se sont révélées aussi qualitativement et quantitativement actives sur les charançons, se traduisant par une diminution des populations résiduelles en fonction de l'augmentation de temps de traitement. nous avons constaté une diminution sensible des taux de populations résiduelles entre les premiers 24 heures jusqu'à 96 heures.

Nous pouvons conclure que les deux huiles essentielles de la rue de montagne ont manifesté une certaine toxicité sur *Sitophilus oryzae*, cette efficacité est beaucoup meilleure par contact que par inhalation

A ce stade d'étude, l'insecte a montré une sensibilité accrue à toute la gamme de substances testées, cette sensibilité est en fonction des doses utilisées., des temps d'exposition et de mode d'action

Cette étude constitue une première étape dans la recherche de molécules biopesticides d'origine végétale, elle mérite d'être poursuivie par des études in situ

pour confirmer leur activité. L'identification et la caractérisation des matières actives existantes chez cette espèce spontanée étudiée dans ce travail pourraient faire l'objet d'une formulation afin de l'utiliser comme produits stables.

L'utilisation de substance végétale en tant que biopesticide dans la protection des denrées stockées contre les insectes a fait l'objet de nombreuses études en condition du laboratoire particulièrement, .des études à grande échelle seraient nécessaires afin de vérifier leur efficacité en situation de stockage réelle.

D'après les données que nous avons cerné dans notre étude, il serait nécessaire de tester l'efficacité de l'activité insecticide de *Ruta montana* de différentes régions géographiques et durant plusieurs périodes de récolte durant les étapes de floraison (début, plein et la fin de la floraison) puisque les chémotypes (molécules majoritaires) varient en fonction de ces paramètres.

ADDOR, R.W., 1995 - Insecticides In: Godfry, C.R.A. Ed Agrochemicals from Natural Products. Marcel Dekker inc., New York. Pp. 1-63.

ALEM M ., 2000 - La conservation et la traitement des denrées stockées. Acte de premier Symposium international sur la filière blé 2000 enjeux et stratégie Ed. OAIC. Alger pp 321-329.

ALZOUMA, 1., HUIGNARD 1., ET LENGA, A 1994 - «Les coléoptères *Bruchidae* et les autres insectes ravageurs des légumineuses alimentaires en zone tropicale». In *Post-Récolte, principes et application en zone tropicale*, ESTEM/AUPELF, p.79-103. Verstraeten Eds.

ANONYME(a) ., 2005 - Université Pierre et Marie Curie UFR des sciences de la vie. http://www.museums.org-za/bio/insects_home.htm.

ANONYME (b)., 2004 - France exports céréale, statistique mondiale. Echanges mondiaux de blé. Association pour la promotion internationale française, p-2 [http./ www. France export céréale. Org/fr/statistique/monde.asp](http://www.France_export_céréale.Org/fr/statistique/monde.asp).

ANNONYME(c) 2006 - www.wikipedia.com /donné d'après : Julve, Ph, 1998 ff-base flore .index botanique, écologique, chorologique de la flore de France version 25 avril 2004.

ANONYME(d) 2012 - Phytochorologie des départements français par Philippe Julve : Répartition. Contribution : membres du réseau Tela Botanica.

ARTHUR F.H., 1996 - Grain protectants. Current status and prospects for future. *Journal of Stored Products Research*, 32, 293-302.

ASHAUER.R ; BOXALL,A ;BROWN,Ca.2006 - predictng effects on aquatic organisms from fluctuation or plused exposure to pesticide? *environmental toxicology and chemisty* 25:1899-1912 .

AVRAMOV Y., 2004 - Ces précieuses plantes de méditerranée, Paris : Edisud, p. 184 – 187

BALACHOWSKY A.S., 1966 - Entomologie appliquée à l'agriculture, Coléoptères. Ed : Masson et Cie, T1, V1, Paris. Pp 1071-1096.

BALICK M.J., ELISABETSKY E. and LAIRD S.A., 1995 - Medicinal resources of the tropical forest: biodiversity and its importance to human health. Columbia University Press: New York, 28p.

BELABED, . 2008 - تخزين الحبوب في السنايل alfowz@batelco.com.bh.

BELKHELFA A et SAHI W., 2004 - Contribution à la détermination des critères qualitatifs de quelques variétés de blé dur *Triticum durum* et essai de leur sensibilité à l'attaque du déprédateur primaire *Sitophilus oryzae*. Thèse ing biologie, CQA, Département de Biologie, Université de Blida, 87p.

BENAYAD N., 2008 - Les huiles essentielles extraites des Plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Laboratoire des Substances Naturelles et Thermolyse Eclair Département de Chimie Faculté des Sciences de Rabat, Maroc, 61p.

BENCHARIF et CHAULET., 1991 - problématiques et organisation du projet d'étude. ENIAL – séminaire sur la mise en marché des céréales et la stratégie des entreprises de la filière Blida, pp1-30. Pages 45 à 53.

Bardeau. F. ” Les Huiles Essentielles : Découvrir les bienfaits et les vertus d'une médecine ancestrale. ”, Fernand Lanore, Paris, (1976), 289 p, 33, 34

Baydar. H., Sagdiç. O., Özkan. G., Karadogan. T. “ Antibacterial activity and composition of essential oils from Origanum, Thymbra and Satureja species with commercial importance in Turkey. “, Food control, V.15, n° 3, (April 2004), 169-172.

BORROR D., 1981 - An introduction to the study of insects. Fifth edition Saunders College Publishing 442-454.

BOUDREAU A, MENARD G, 1992 - Le blé, éléments fondamentaux et transformation, 2^{ème} édition, université LEVAL, CANADA : PP27-76.

Bruneton. J. (1999), “Pharmacognosie: Phytochimie des plantes médicinales”, Lavoisier Tec et Doc, 2^{ème} édition, Paris et New York , p 286-426.

BUQUET R., 1978 – Les insectes et les acariens des céréales stockées .Inst. Tech des céréales et des fourrages .AFNOR .1^{er} Ed ,238p.

BURT P.E., LORD K.A., FORREST J.M. ET GOODCHILD R.E., 1971 - The spread of topically applied pyrethrin I from the cuticle to the central nervous system of the cockroach *Periplaneta americana*. Entomol. Exp. Appl. 14. pp: 255-269.

Caillet.S., Lacroix. M., “ Les huiles essentielles : leurs propriétés antimicrobienne et leur application potentielles en alimentaire. ”, (2007), 1-8. Caraffa, 1999).

CAHAGNIER B., 1997- Moisissures des aliments peu hydratés. Ed : Lavoisier TEC, Paris, pp 39-182.

CANGARDEL H., 1978 - Facteurs favorables au développement des insectes et des acariens des céréales stockées (SCOTTI G), Ed. AFNOR/ITCF- Paris. pp .81-88.

CASIDA, J. E., G. B.QUISTAD, EDS. 1995 - Pyrethrum Flowers—Production, Chemistry, Toxicology, and Uses. Oxford University Press, Oxford.

CHAMP B.R , DYTE C.E.,1976 - Rapport de l'enquête mondiale de la FAO sur les céréales entreposées et leur sensibilité aux insectes Ed'FAO .Rome , 374p.

Charpentier. B., Hamon-Loreac'h.F., Harlay.A., Huard.A., Ridoux.L., Chansellé.S. “ Guide du préparateur en pharmacie. ”, Elsevier masson, troisième édition, Paris , (2008), 1343p, 774,1173.

CHEFTEL J.C. et CHEFTEL L. H., 1977 - Introduction à la technique alimentaire Vol 1 Ed. La voisier.Paris. 280-284.

CRUZ JF, TROUDE F, GRIFFON D, HEBBERT JP., 1988 - Conservation des grains en régions chaudes, 2^{ème} édition, ministère de coopération et du développement, Paris, 554p. D.S.A.S.I, Alger.

Daayf. F., Lattanzio. V.,” Recent Advances in Polyphenol Research.”, Blackwell Publishing Ltd, United Kingdom and USA, V.1, (2008), 393 p, 1, 2.

DAMASSE L., 2009 - Algérie : Politique agricole et opportunités en amont des filières céréales et lait 05/08/2009 source multiple.

Deba.F., Dang Xuan. T., Yasuda. M., Shinkichi. T., “Chemical composition and antioxidant, antibacterial and antifungal activities of the essential oils from *Bidens pilosa* Linn. Var. *Radiata*. ”, Food control, V.19, Issue 4, (April 2008), 346-352.

DJERMOUN A.E.K.,2009 - Revue Nature et Technologie. n° 01/Juin 2009.

Dordevic. S., Petrovic. S., Dobric. S., Milenkovic. M., Vucicevic. D., Zizic. S., Kukic. J., “ Antimicrobial, anti-inflammatory, anti-ulcer and antioxidant activities of *Carlina acanthifolia* root essential oil.”, Journal of Ethnopharmacology , V.109, Issue 3, (February 2007), 458–463.

DUCOM, P., 1980 - Eléments d'écologie. Des stocks et de lutte contre les ravageurs 65-83. In : ACCT - Rapport du séminaire sur l'amélioration des systèmes récolte en Afrique de l'Ouest. ACCT BAMAKO 230p.

DUMONT R., 1986 - Les céréales cultures productives. Ed : librairie Larousse, Paris, pp 15-229.

EL LAKWAH F., 1990 - Fumigation experiments with phosphine in traditional mud silos in Egypt to control stored- product insects. Proceeding 5th international working conference on stored-product protection. Sept. 9-14. Bordeaux. Vol. II, 799-810. Eds: F. Fleurat-Lessard et P. Ducom.

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.

FARJAN M.E., 1983 - Biodynamiques en laboratoire de deux insectes ravageurs du blé dur : le charançon du riz *S.oryzae* L (*Coleoptère, Curculionidae*) et la capucin des grains: *Rhizoperta dominica* (*Coleoptère, Bostrichidae*) avec application aux conditions de conservation en Afrique du nord.

FEILLET P., 2000 - Le grain de blé composition et utilisation. Ed. I.N.R.A. Paris, 283p.

FLEURAT-LESSARD F., 1990 - Altération dues aux insectes et déprédateurs -présentation Aliscope, 90: 18-24.

FLEURAT LESSARD F., 1996 - Bonnes conditions du grain à l'entreposage, le stockage à plat des céréales, guide pratique des bonnes pratiques du GLCG, pp 5-14.

FLEURAT-LESSARD., 2003 - Préservation de la qualité sanitaire des céréales. Ed PHYTOMA, Paris : p 22-30.

FOUGHALI M, 1987 - Stockage et conservation des céréales cas de la coopérative de céréales et de légumes secs de Khemis-Miliana. Thèse Ing, ministère de l'agriculture et de la pêche Alger : 93 p.

FOURAR R., 1987 - Inventaire des insectes du blé tendre, estimation des dégâts et préservation de la qualité industrielle par l'emploi d'insecticides dans la région de Blida. Annexe 11 : Méthodes normalisées. Thèse d'ing en Agro, INA, Alger : 100p.

FOURAR .R, 1994 - Variabilité de la sensibilité variétale du blé tendre à *Sitophilus oryzae* (Col :*Curculionidae*) dans le grain et de *Tribolium confusum* Duval (col : *Tenebrionidae*) Dans la farine. Analyse des relations éco-

physiologiques insectes- grains des grains. Thèse
Mag.ScienceAgr.Protect.des Vegt. INA, EL Harrach. Alger : 212p.

FOURAR R., 2005 - Cours technologie des céréales, spécialité« sciences alimentaires », Département Agronomie, Université de Blida.

GILBERT M.D. ET WILKINSON C.F., 1975 - An inhibitor of microsomal oxidation from gut tissues of the honey bee, *Apis mellifera*. Comp. Biochem. Physiol.50. B., pp: 613-619.

GODON B., 1991 - Biotransformation des produits céréaliers. Ed.Tec et Doc. Lavoisier Paris 688p.

GODON B ; WILLM C, 1998 - Les industries de première transformation des céréales, 2^{ème} tirage Ed technique et documentation, Lavoisier, Paris : pp 7-20.

KODIO O., 1989 - Structures paysannes de stockage. P 19 In Céréales en régions chaudes : Conservation et transformation. Activité scientifique AUPELF.

GUIGNARD, J, L. 2001 - Botanique systématique moléculaire. 12^{ème} édition.Paris : L'Asson. P205-206-207.

HALSTEAD, D.G.H. 1963 - External sex differences in stored products *Coleoptera*. Bull. Entomol. Res. 54 : 119-134.

HARYADI Y. 1991 - Sensibilité variétale du riz aux attaques de *Sitophilus oryzae* L et de *Sitotroga Cerealilla* (olivier). Analyse de l'origine d'une résistance potentielle. Thèse Doct. En sciences agron. ENSA, Montpellier, 113p.

JACOBSEN M., 1989 - Botanical pesticides past, présent, and future. In: insecticide of Plant Origin ACS Symposium Series 387, 1-10.

JAOUA S., 2005 - Savoir plus: les biopesticides. Bulletin du CBS, Centre de Biotechnologie de Sfax, N°2, Sept 2005. p15.

JEAN BRUNETON. 2001 - Plantes toxiques (végétaux dangereux pour l'homme et les animaux). 2eme édition. Edition : Techniques et Documentation. P 461-467.

JEAN, D., 1992 - La culture de la Rue. [[http:// eap.mcgill.ca / agrobio / ab-head.html](http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab-head.html)] AGRO-BIO-350-01.

GREGOR, D.J., GUMMER, W.D., 1989.- Evidence of atmospheric transport and deposition of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in Canadian arctic snow. Environmental Science and technology 23, 561-565.

Keane S., et Ryan MF. 1999 : Purification, characterisation, and inhibition by monoterpenes of acetylcholinesterase from the waxmoth, *Galleria mellonella* (L.). *Insect biochemistry and molecular biology* Vol29(12) 1097-1104.

KODIO O., 1989 - Structures paysannes de stockage. P 19 In Céréales en régions chaudes : Conservation et transformation. Activité scientifique AUPELF.

Kordali.S., Kotan. R., Mavi. A., Cakir. A., Ala. A., Yildirim.A., “ Determination of the chemical composition and antioxydant activity of the essential oil of *Artemisia dracunculus* and of the antifungal and antibacterial activities of Turkish *Artemisia absinthium*, *A. dracunculus*, *A. santonicum* and *A. spicigera* essential oils. ”, *Journal of agriculture and food chemistry*, V.53, (2005), 9452-9458

KOUASSI B., 1991 - Influences de quelques facteurs extérieurs sur le cycle de développement et la survie de *Sitophilus oryzae* L(*Coleoptera* : *Curculionidae*) doctorat 3ème cycle Uni., Nat., Côte d’ivoire.

KRANZ J, SCHUMETTERER , KOCH W., 1981- Maladies, ravageurs et mauvaises herbes des cultures tropicales, Ed Verlag Paul Parey, Berlin et Hambourg : pp 440-448.

LACOSTE P., 1970 - La défense des cultures à Madagascar.190-191.

LECLERC.H., 1990 - Précis de la Phytothérapie. Paris : Masson : p.264, 275-277.

LAHLOU M., 2004 - Methods to study phytochemistry and bioactivity of essential oils. *Phytotherapy research* 18: 435-448.

LEPESME P., 1944 - Les Coléoptères des denrées alimentaires et des produits industriels. *Encycl. Entomol. A* : 22 – 249

MANN, J., 1987. *Secondary Metabolism.* Clarendon press, Oxford, UK

MARKHAM, R.H., BOSQUE-PEREZ, N.A., BORGEMEISTER, C. ET

MEIKLE, W.G. 1994 - «Developing pest management strategies for *Sitophilus zeamais* and *Prostephanus truncatus*» *Tropics FAO plan prot.* 42: 97-116.

MATHLEIN R., 1938 - Uundersokningar rörand forradsskadedjur. 1Kornarveln, (*Calandra granarius* (L) och risviveln, *C. oryzae*(L) Derasbiologi och bekämpning. *Nat Swed. Inst. Plant Prot* 23.

METZGER, F.W. 1932 - Repellency to the Japanese beetle of extracts made from plants immune to attack. *USDA Technical Bulletin* No. 299.

MONGE, G.P. GERMAIN, J. F. et 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.

MULTON J.L., 1982 - conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés. Céréales oléagineuse, protéagineuse, aliments pour animaux Ed Techn et document, Lavoisier / A.P.R.I.A., Paris, Vol 1, 576p.

NAKAKITA, H., WINKS, R.G., 1981 - Phosphine resistance in immature stages of a laboratory selected strain of *Tribolium castanum* (Herbst). Journal of Stored Products Research 17, 43-52.

NOËL D, WHITE G ., 2001 -Protection des céréales, des oléagineux et des légumineuses à grain entreposés à la ferme contre les insectes, les acariens et les moisissures. Publication 1851/F. Canada : Agriculture et agro-alimentaire (centre de recherche sur les céréales) 60p.

PADILLA S., 1995 -The neurotoxicity of cholinesterase inhibiting insecticides: past and present evidence demonstrating persistent effects. Inhal. Toxicol. 7. pp: 903- 907.

PENOEL, D., 1994 - La médecine aromatique. Research. Mediterranea 1, 24-29.

Prabuseenivasan. S., Jayakumar. M., Ignacimuthu. S., “ In vitro antibacterial activity of some plant essential oils. ”, BMC Complementary and Alternative Medicine, V.6, n°39, (November 2006), 1-8

Price. S., Price. L., Pénéol. D. “ Aromatherapy for health professionals.”, Elsevier Health Sciences, Second édition, London, (1999), 391 p, 10, 11, 12.

REGNAULT-ROGER, C., PHILOGÈNE, B.J.R ET VINCENT, C. 2008 - Biopesticides d'origine végétale, 2^{ème} édition, Lavoisier, Paris. édition, 550p.

REGNAULT-ROGER, C., PHILOGÈNE, B.J.R., 2005.- Evolution des insecticides organiques de synthèse. Dans : enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement ; (eds. Regnault-Roger, C., Fabres, G., Philogène, B.J.R.). Edition TEC et DOC. Paris. pp : 20-43.

REGNAULT-ROGER, C., PHILOGÈNE, B.J.R., VINCENT, C., 2002 - Biopesticides d'origine végétale. Ed TEC et DOC. Paris. France.

SIMON H, CADACCIONI P, LECOEUR X, 1988 - Produire des céréales à paille Lavoisier, Paris : 333p

SOEJARTO D. and FARNSWORTH N.R., 1989 - Tropical rainforsts: potential sources of new drugs. *Perspectives in Biology and Medicine* 32: 244-258.

Sokovic. M., van Griensven. L.J.L.D., “ Antimicrobial activity of essential oils and their components against the three major pathogens of the cultivated button mushroom, *Agaricus bisporus*. ”, *European Journal of Plant Pathology*, V.116, n° 3, (November 2006), 211–224

SMALE, B.C., R.A. WILSON., H.L. KEIL. 1964 - A survey of green plants for antimicrobial substances. *Phytopathology*, 54:748.

SPICHIGER, R., SAVOLAINEN, V., FIGEAT, M., JEAN, D.2004 - Botanique systématique des plantes à fleurs.3ème édition. Presses polytechnique et universitaire romandes. P272-273.

Speranza. A., Calzoni. G-L., “ Atlas de structure des plantes : Guide de l’anatomie microscopique des plantes vasculaires en 285 photos. “, Belin, Paris cedex, (2005), 224 p, 119, 218.

STEFFAN J-R ., 1978 - Description et biologie des insectes. In: les insectes et les acariens des céréales stockées (SCOTTI G).Ed. A.F.N.O.R. / I.T.C.F. Paris. pp8-21.

Sylvestre. M., Pichette. A., Longtin. A., Nagau. F.Legault. F., ” Essential oil analysis and anticancer activity of leaf essential oil of *Croton flavens* L. from Guadeloupe. ”, *Journal of ethnopharmacology*, V. 103, (2006), 99-102

THAKORE Y., 2006 - The biopesticides market for global agriculture use. *Industrial Biotechnology*. 2(3): 203-294.

THIAM, B. ET DUCOMMUN, G. 1993 - Protection naturelle des végétaux en Afrique. ENDA, Tiersmonde, Dakar. 213p.

THRONE,1.E. 1994 - Life history of immature maize weevils (*Coleoptera: Curculionidae*) on corn stored at constant temperatures and relative humidities in the laboratory. *Environ. Entomai*. 23 : 1459-1471.

THURZOUA, L., 1981 - Les plantes -santé. Edition: BORDAS. P 98-99.

TEUSCHER E., AUTON R, LOBSTEIN A., 2005 - Plantes aromatiques (épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Paris: Tec et Doc médicales internationales: p. 423 – 427

JOREK N., 1983 - Epices et plantes aromatiques. Série: guide point vert. Paris: Hatier: p. 110

VERDRAGER J., 1978 - Ces médicaments qui nous viennent des plantes: Maloine S.A. éditeur,

WINKS R.G., 1990. - Recent developement in the fumigation of grain with phosphine. Proceedings 5th international working conference on stored product protection, Sept. 9-14. Bordeaux. Vol. II, 935-943. Eds: F. Fleurat-Lessard et P. Ducom.

WMO., 1965. - Scientific assessment of ozone depletion: World Metrological Organisation global ozone research and monitoring project. Report No. 37, WMO, Geneva, Switzerland.

YAKHLEF G., 2010. Etude de l'activité biologiques de feuilles de *Thymus vulgaris* et *Laurusnobilis*. Thes mag. UnivBatna, 110p.

Yang. H.X., Ng. T.B., “ Natural products with hypoglycemic, hypotensive, hypocholesterolemic, antiatherosclerotic and antithrombotic activities. ”, mini review : Life sciences, V. 65, n° 25, (1999), 2663-2677.

ZOBEL, A.M., S.A. BROWN. 1990 - Dermatitis-inducing furanocoumarins on leaf surfaces of eight species of rutaceous and umbelliferous plants. Journal of Chemical Ecology, 16(3):693-700.

Annexe

Comptage des populations résiduelles des charançons après traitements c'est la moyenne de trois répétitions.

Tableau 01 : par l'huile essentielle la rue de montage de la région de Berrouaghia
(mode contact).

	D1C	D2C	D3C	témoin
Avant	20	20	20	20
1J	16	11	8	20
2J	13	7,666666	3	19
3J	8,33333337	4,3333333	1,6666666	19
4J	7	2,33333333	0,6666666	19

Tableau 02 : par l'huile essentielle la rue de montage de la région de Berrouaghia
(mode inhalation).

	D1i	D2i	D3i	temoin
Avant	20	20	20	20
1J	18,666666	15,666666	12,333333	20
2J	16,666666	14,333333	10	20
3J	12,666666	9,333333	5	20
4J	10,666666	8,333333	3	19

Tableau 03 : par l'huile essentielle la rue de montage de la région de Hammam meloun
(mode contact).

	D1C	D2C	D3C	temoin
Avant	20	20	20	20
1J	15	10,333333	6,333333	19
2J	11,666666	6	1	19
3J	6,333333	5,333333	1,333333	19
4J	5,333333	4,666666	0,333333	19

Tableau 04 : par l'huile essentielle la rue de montage de la région de Hammam meloun
(mode contact).

	D1i	D2i	D3i	temoin
Avant	20	20	20	20
1J	18	16	14	20
2J	16,666666	14	11,333333	20
3J	13	10,333333	7,333333	19
4J	9,333333	9	4,666666	19

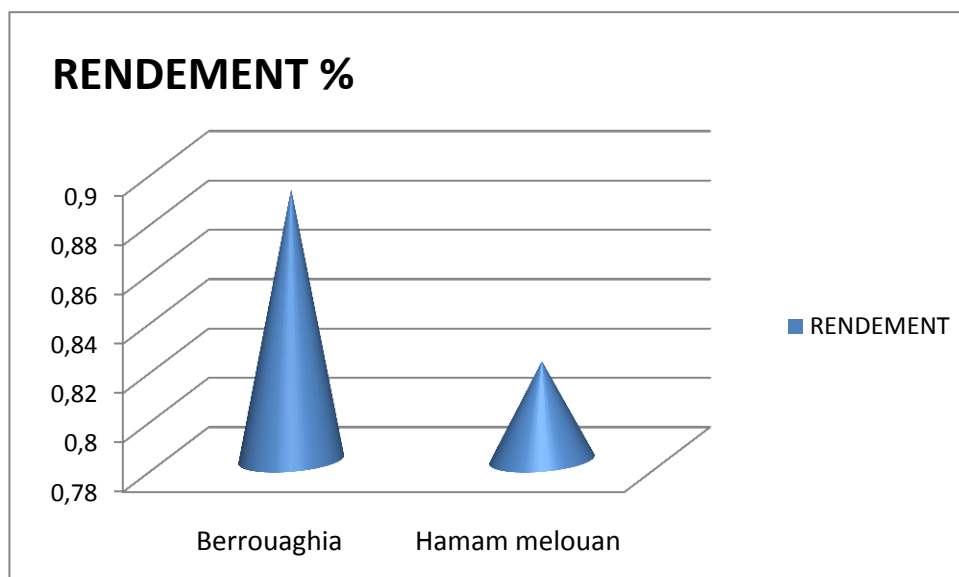


Figure 1 : Les rendements des plantes en huiles essentielles

Tableau 1: Etude analytique d'huile essentielle de la rue de montagne par Chromatographie en phase gazeuse couplée (CG/SM).

Composés identifiés (formules brutes)	t_R (min)	Berrouaghia (%)	Hammam melouan (%)
(Z)-3-hexen-1-ol-acetate (C ₈ H ₁₄ O ₂)	9.86	0.08	0.45
p-Cymene (C ₁₀ H ₁₄)	10.75	0.46	0.448
D-Limonene (C ₁₀ H ₁₆)	11.96	0.10	0.379
2-Nonanone (C ₉ H ₁₈ O)	13.39	0.76	4.32
Nonanal (C ₉ H ₁₈ O)	13.77	1.64	1.61
2-Decanone(C ₁₀ H ₂₀ O)	17.43	12.25	9.06
3-Decanone (C ₁₀ H ₂₀ O)	18.61	-	11.57
2-Undecanone (C ₁₁ H ₂₂ O)	21.38	59.34	49.39
3-Dodecanone (C ₁₂ H ₂₄ O)	23.50	1.32	1.53
2-Dodecanone (C ₁₂ H ₂₄ O)	24.45	4.21	4.45
3-Tridecanone (C ₁₃ H ₂₆ O)	26.17	0.12	0.17
2-Tridecanone (C ₁₃ H ₂₆ O)	27 ?37	2.13	2.49
6-(3',5'-Benzodioxyl)-2-hexanone	37.47	13.17	11.23
8-(3',5'-Benzodioxyl)-2-octanone	42.22	0.59	0.65

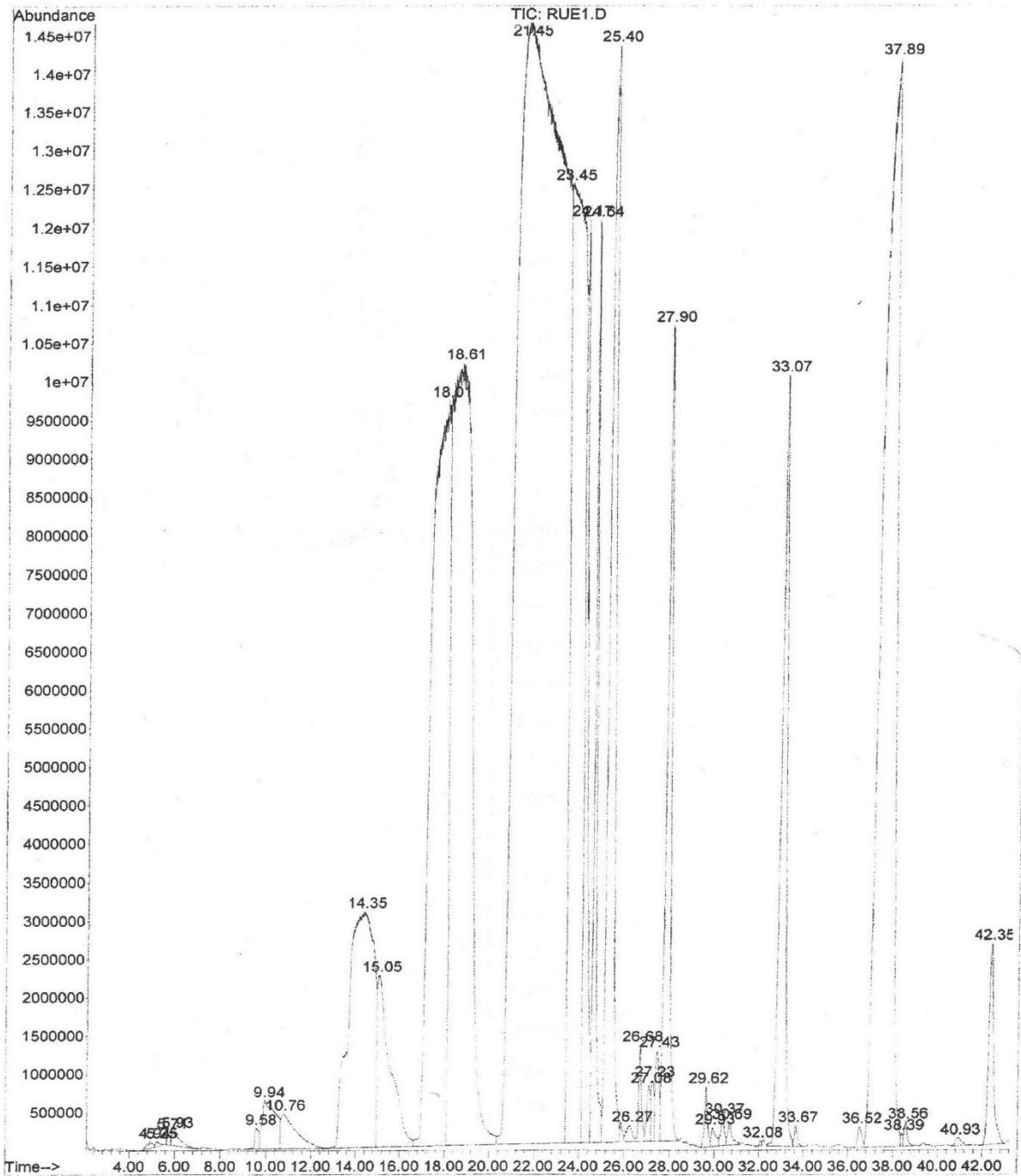


Figure 2 : chromatogramme de l'huile essentielle de la rue récolté au mois de mai obtenue par GC/MS

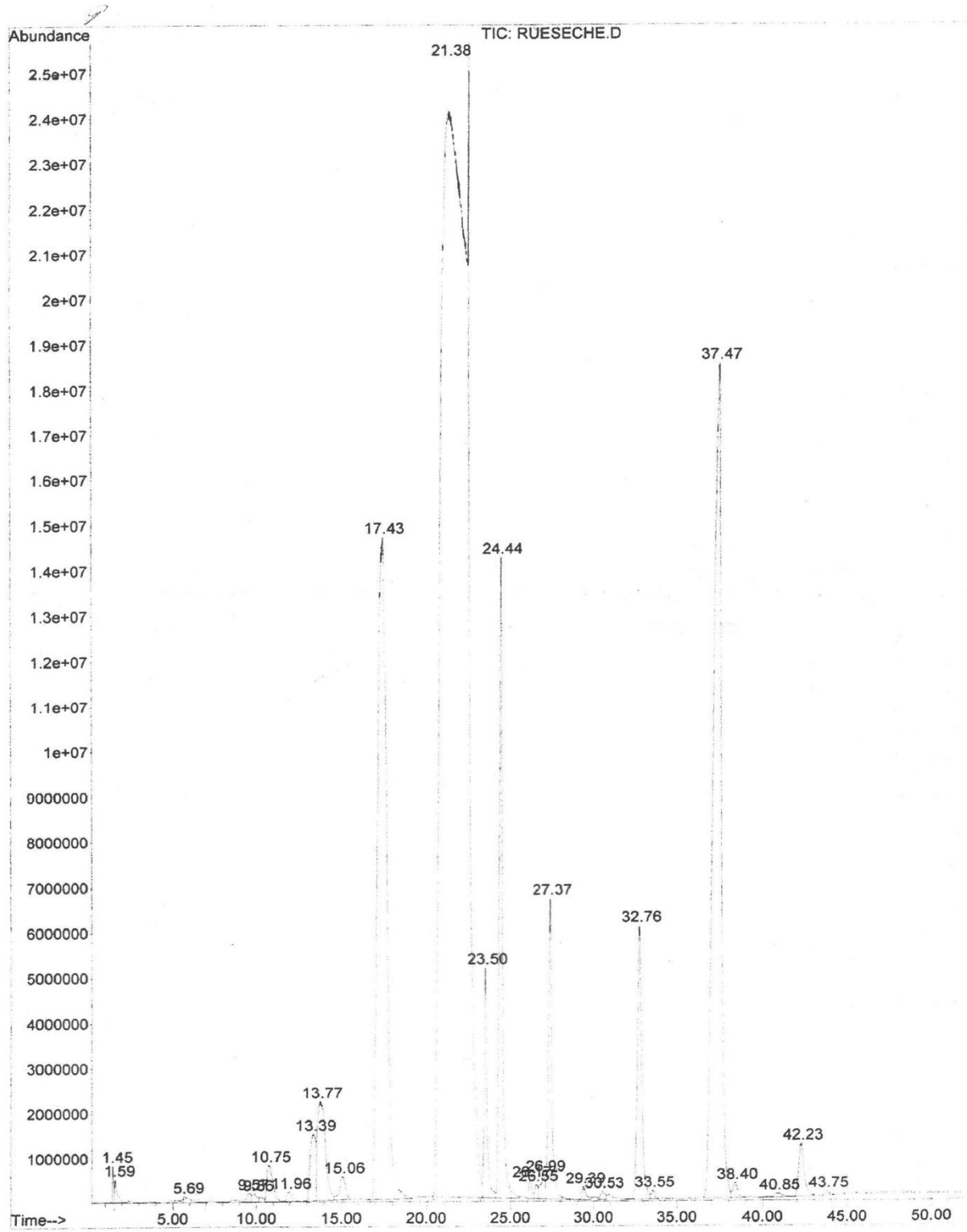


Figure 3 : chromatogramme de l'huile essentielle de la rue récolté au mois de mars obtenue par GC/MS

INTRODUCTION

PARTIE I
BIBLIOGRAPHIE

CHAPITRE I

**Données générales sur le blé tendre,
Stockage des céréales, Facteurs de
détérioration des céréales.**

CHAPITRE II
Le charançon du riz
Sitophilus oryzae

CHAPITRE III
DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES SUR
Ruta montana

PARTIE II
EXPÉRIMENTALE

CHAPITRE I

MATÉRIEL ET MÉTHODES

CHAPITRE II

RÉSULTATS ET DISCUSSION

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES