



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

MÉMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie
Sciences Agronomiques
Protection Végétale

Réf. :

Présenté et soutenu par :
DJOGHMA Afra

Thème :

**Contribution à l'étude des extraits de plantes
aromatiques et leur effet insecticide**

Jury :

Mme. Farhi K.	MCA	Université de Biskra	Président
Mme. Demnati F.	MCA	Université de Biskra	Rapporteur
Mr. Mehaoua M.S.	MCA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2019- 2020

Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu, le tout puissant. Grâce à son assistance ce mémoire a pu être réalisé.

Louange à Dieu...

Je tiens à adresser mes remerciements les plus sincères d'abord à ma directrice de recherche, Dr. DEMNATI Fatima, pour ses encouragements, sa disponibilité, son support, et ses judicieux conseils prodigués tout au long de ma maîtrise, avec toujours son sourire radieux.

Un immense merci à Mme CHAOUCH-TAHER Souad, pour ses suggestions, conseils et orientations qui m'ont été très précieux.

Mes sincères remerciements vont aussi à l'adresse de Mr. KECHEBAR Mohamed ainsi qu'à Mme KAROUNE Samira, pour leurs encouragements.

Mes remerciements vont à tous les enseignants de la spécialité protection des végétaux, ainsi qu'à toutes mes enseignantes et mes enseignants qui ont contribué à ma formation, depuis le primaire jusqu'à l'université.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance envers Mr. SENANI Fateh, ainsi qu'à Mme BEN AOUN Saliha, M^{elle} CHAIB Ouarda, et M^{elle} ABSI Kenza qui m'ont tant encouragé et supporté au cours de mon cursus.

Merci aux membres du jury qui ont accepté de juger ce travail.

Ce projet est le fruit d'un long cheminement au cours duquel de nombreuses personnes m'ont apporté leur aide. Sans pouvoir les nommer toutes, je tiens à exprimer ma reconnaissance envers ceux et celles qui m'ont inspirée, et m'ont encouragée dans la réalisation de mon travail de recherche.

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail aux personnes que j'aime le plus au monde et pour lesquelles ma réussite sera une grande fierté ;

A Mon grand-père Ahmed qui m'a apporté soutien et affection.

A celle qui m'interdit de mettre fin à mes ambitions et m'a apportée tendresse et affection ... chère maman,

A celui qui m'a toujours encouragée à aller de l'avant, ma source de savoir et mon inspirateur... cher papa :

« Je vous suis redevable d'une éducation dont je suis fière »

A mes frères : Sohaib, Houd et Lokmen, qui ont subit toute mon angoisse, mon stress et mes changements d'humeur et malgré ça m'ont offert amour et bonheur.

A celles qui sont très chères à mon cœur, mes cousines; Bochra et Romeissa.

A mes tantes, mes oncles, mes cousines et mes cousins pour leur gentillesse et leurs conseils.

A mes amies les plus proches : Narimene, Fatima, Radja, Manel, Abir, Madjeda, Noura, Abrar, Imene, Amina et Sarah, pour leur support moral devant les épreuves de la vie.

A mes collègues du CRSTRA-Biskra pour leur précieuse amitié et leur encouragement dans l'accomplissement de ce mémoire.

Liste des abréviations

CP	Expression à froid
HE	Huile essentielle
HD	Hydrodistillation
Hz	Hertz
MHG	Hydrodiffusion assistée par micro-onde et gravité
MS	Matière sèche
Rdt	Rendement
T	Température
t	Temps
VMHD	hydrodistillation par microondes sous vide
W	Watte

Liste des figures

Figure 1	: Montage d'hydrodistillation de Type Clevenger	13
Figure 2	: Une pélatrice d'extraction à froid	14
Figure 3	: Montage d'extraction assisté par Micro-ondes (VMHD)	16
Figure 4	: L'hydrodiffusion assistée par micro-ondes et gravité (MHG)	17
Figure 5	: Adulte de <i>Bruchus rufimanus</i>	22
Figure 6	: Dégâts causés par <i>Bruchus rufimanus</i> sur les graines de <i>Vicia faba</i>	23
Figure 7	: Exploitation agricole de Bigaradier à Djemorah	25
Figure 8	: Récupération du zeste des fruits du bigaradier	26
Figure 9	: Processus d'extraction des huiles essentielles du Bigaradier par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger	27
Figure 10	: Pesage des huiles essentielles obtenues par hydrodistillation	28
Figure 11	: Écorces du fruit de bigaradier découpés en petits morceaux	28
Figure 12	: Extraction par hydrodiffusion assistée par Micro-ondes et Gravité (MHG)	30
Figure 13	: Évolution de la température au cours d'extraction en huiles essentielles de <i>Citrus aurantium</i> par HD et MHG	34

Liste des tableaux

Tableau 1	: Rendements moyens en huiles essentielles de Bigaradier selon deux méthodes d'extraction	33
Tableau 2	: Rendement en huiles essentielles de Bigaradier issues de HD	43
Tableau 3	: Rendement en huiles essentielles de Bigaradier issues de MHG	43

SOMMAIRE

Remerciements.....	02
Dédicace.....	03
Liste des abréviations.....	04
Liste des figures.....	05
Liste des tableaux.....	05
SOMMAIRE.....	06
INTRODUCTION.....	08
CHAPITRE I: Généralités.....	10
1. Introduction.....	11
2. Localisation des huiles essentielles dans la plante.....	11
3. Procédés d'extraction des huiles essentielles.....	12
3.1. L'hydrodistillation.....	12
3.2. La pression à froid.....	14
3.3. Entraînement à la vapeur d'eau.....	15
3.4. L'enfleurage à chaud.....	15
3.5. L'extraction assistée par Micro-ondes.....	15
4. Les caractères physico-chimiques des HES.....	18
5. Les HE en tant que biopesticides (utilisation des HES dans la phytothérapie).....	18
5.1. Huile essentielle de Bigaradier (<i>Citrus aurantium</i> L.).....	20
5.2. Utilisation des HES tant que biopesticides dans la protection des graines de	21
légumineuses.....	
5.2.1. La Bruche de la fève <i>Bruchus rufimanus</i>	21
5.2.2. Position systématique.....	21
5.2.3. Dégâts causés par <i>Bruchus rufimanus</i>	22
CHAPITRE II: Matériel et méthodes.....	24
1. Matériel.....	25
1.1. Matériel végétal.....	25
1.2. Matériel animal.....	25
2. Méthodes.....	26
2.1. Extraction des huiles essentielles.....	26
2.1.1. Hydrodistillation de type Clevenger.....	26
2.1.1.1. Préparation du matériel végétal.....	26
2.1.1.2. Processus d'extraction.....	26
2.1.2. Extraction par hydrodiffusion assistée par Micro-ondes et Gravité	28
(MHG).....	
2.1.2.1. Préparation du matériel végétal.....	28
2.1.2.2. Processus d'extraction.....	29
2.2. Calcul du Rendement en huile essentielle Rdt_{HE}	30
CHAPITRE III: Résultats et discussion.....	31
1. Les propriétés Organoleptiques de l'huile essentielle de Bigaradier.....	33
2. Rendement en huile essentielle de l'HD et MHG.....	33
CONCLUSION.....	36
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	38
ANNEXE.....	42
RÉSUMÉ.....	44

INTRODUCTION

Lorsqu'ils s'attaquent aux plantes cultivées, les insectes peuvent provoquer des pertes élevées qui ont souvent des conséquences économiques et alimentaires importantes. Ceci est particulièrement vrai lorsque les insectes se développent aux dépens des graines dans les systèmes de stockage, car toute une récolte peut être détruite en quelques mois. (Huignard J. et al., 2011)

Les pertes les plus importantes sont infligées par différentes espèces de coléoptères, lépidoptères et acariens (Alzouma et al., 1994). Parmi les coléoptères, la bruche de fève (*Bruchus rufimanus*) est universellement reconnue comme l'un des plus dévastateurs des céréales entreposées.

Bruchus rufimanus est l'un des ravageurs les plus nuisibles de la fève et féverole. Ses larves provoquent des modifications quantitatives et qualitatives des réserves, contenues dans les graines et réduisent leur pouvoir germinatif (Hoffman A., et al. 1962).

Face à la menace que constituent ces bruches, les moyens de lutte sont essentiellement articulés autour de l'utilisation d'insecticides chimiques surtout les fumigants dont l'efficacité est certaine. Cependant, les innombrables nuisances associées à leur utilisation telles que leur toxicité, la perturbation de l'équilibre biologique de l'écosystème et le développement de souches résistantes, imposent la recherche de nouvelles méthodes alternatives de lutte contre ce ravageur.

D'autre part, plus de 2000 espèces de plantes aromatiques sont connues pour leur potentiel insecticide. Ces plantes sont supposées libérer des composés volatils ayant des propriétés insecticides ou répulsives qui peuvent limiter le développement des populations d'insectes et préserver les récoltes.

Dans cette optique, la valorisation des plantes aromatiques à effet insecticide prend de plus en plus de l'ampleur au niveau des programmes de recherches dans le monde entier et particulièrement en Afrique. Ces plantes sont exploitées sous plusieurs formes afin de limiter les pertes post récoltes soit entières, soit sous forme de poudres végétales, d'huiles essentielles, d'huiles végétales ou d'extraits végétaux.

Parmi les méthodes de lutte biologique, l'utilisation des huiles essentielles serait également une alternative aux insecticides chimiques moins polluante pour l'environnement. A cet effet, les huiles essentielles d'agrumes et de Romarin comptent parmi les plus étudiées.

Notre travail porte sur l'étude de l'effet insecticide des huiles essentielles de bigaradier (*Citrus aurantium*) sur la bruche de fève (*Bruchus rufimanus*) afin de participer à la lutte contre l'utilisation des pesticides en post-récolte et d'éviter les problèmes liés à la dégradation de l'environnement, à la santé des populations en milieu rural et contribuer à la lutte contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté, de même que le développement de méthodes compatibles au développement durable.

L'objectif de ce travail est d'extraire les huiles essentielles de ce fruit et calculer leur rendement, et démontrer que cette huile essentielle présente un effet insecticide sur la Bruche de fève ; en raison de leur composition en molécules naturelles bioactives, tels le mono-terpènes cycliques et monocycliques qui sont considérés comme des répulsifs efficaces contre les insectes (Rodri-guez et Levin 1975).Cependant, suite aux circonstances critiques dues à la pandémie du Covid-19, notre travail s'est limité à la première partie d'extraction des huiles essentielles par deux méthodes, l'hydrodistillation (HD) et l'hydrodiffusion assistée par micro-onde et gravité (MHG) et la comparaison entre elles dans la durée de l'opération et le rendement en huile essentielle.

Notre travail de recherche se subdivise en trois chapitres: Dans le premier chapitre, intitulé «**Généralités** », nous essaierons d'éclairer certaines définitions et notions clés sur les procédés d'extraction des huiles essentielles. Quant au second chapitre, intitulé : « **Matériel et méthodes** », nous essaierons d'expliquer nos méthodes d'extraction utilisées. Nous présentons dans le troisième chapitre « **Résultats et Discussion** » nos résultats obtenus et leurs discussions. Enfin, nous terminons la présente étude par une conclusion générale et des perspectives de recherche.

CHAPITRE I:

GÉNÉRALITÉS

1. Introduction :

Les huiles essentielles, appelées communément essences, sont des mélanges de substances aromatiques produites par de nombreuses plantes et présentes sous formes de minuscules gouttelettes dans les feuilles, la peau des fruits, la résine, les branches et le bois (Padrini et Lucheroni, 2006). Ce sont des mélanges de composés lipophiles, souvent liquides. Elles se distinguent des huiles végétales par leur volatilité chimique (Regnault-Roger et al., 2005).

Cependant, ce sont des substances huileuses, volatiles, d'odeur et de saveurs généralement fortes, obtenues avec des rendements très faibles, ce qui en fait des substances fragiles, rares, mais toujours précieuses.

L'Association Française de Normalisation (Afnor, 2000), a défini l'huile essentielle comme: «un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, et qui sont séparés de la phase aqueuse par procédés physiques ».

Pour Chiasson et Beloin (2007), les huiles essentielles sont par définition des métabolites secondaires produits par les plantes comme moyen de défense contre les ravageurs phytophages. Elles contiennent en moyenne 20 à 60 composés qui sont pour la plupart des molécules peu complexes, soit des monoterpènes avec leurs phénols reliés, et des terpènes plus complexes, dont les sesquiterpènes. Ces essences aromatiques sont élaborées par des glandes sécrétrices qui se trouvent sur presque toutes les parties de la plante (Bruneton, 1999).

2. Localisation des huiles essentielles dans la plante

Les huiles essentielles n'existent que chez les végétaux supérieurs. Elles sont produites dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent en général dans des cellules glandulaires spécialisées, souvent situées sur ou à proximité de la surface des tissus de plantes et recouvertes d'une cuticule. Ensuite, elles sont stockées dans des cellules dites cellules à huiles essentielles (Lauraceae ou Zingiberaceae), dans des poils sécréteurs (Lamiaceae), dans des poches sécrétrices (Myrtaceae ou Rutaceae) ou dans des canaux sécréteurs (Apiaceae ou Asteraceae) (Bruneton, 1999 ; Anton et Lobstein, 2005 ; Oussala et al., 2006).

Pour Guignard et al. (1985), il n'existe pas de règle générale concernant les lieux d'accumulation des métabolites secondaires telles que les huiles essentielles dans l'organisme végétal. Par contre pour Garneau (2004), la plupart des huiles essentielles se retrouvent dans des glandes. Les structures glandulaires et les cellules sécrétrices isolées peuvent se rencontrer dans tous les organes végétaux, végétatifs et reproducteurs. Plusieurs catégories de tissus sécréteurs peuvent coexister simultanément chez une même espèce, voire dans un même organe.

Elles peuvent être stockées dans divers organes des plantes aromatiques : les fleurs (Camomille, Bergamotier, Rose,...), les sommités fleuries (Tagète, Lavande,...), les feuilles (Citronnelle, Eucalyptus, Laurier,...), les racines (Vétyver, Angélique, Valériane), les rhizomes (Gingembre, Curcuma, Cardamome...), les fruits (Anis, Fenouil, Badiane,...), On les trouve aussi dans les écorces (Cannelier), dans le bois (bois de rose, Santal, Camphrier...) dans les résines (Encens, benjoin...), les graines (Ambrette, Muscade,...) et les boutons floraux (Clou de Girofle). Certaines plantes, notamment l'Oranger, fournissent plusieurs huiles : à partir des fleurs, l'huile de néroli; à partir des feuilles et des fruits, l'huile de petit grain et à partir des fruits, l'huile d'oranger (Bruneton, 1999 ;Teuscher et al , 2005).

3. Procédés d'extraction des huiles essentielles

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales, par les méthodes de distillation, par enfleurage, par expression à froid, par solvant ou par d'autres méthodes. En général le choix de la méthode d'extraction dépendra de la nature du matériel végétal à traiter (graines, feuilles, écorce, etc.), de la nature des composés (les flavonoïdes, les huiles essentielles, les tanins, etc.), le rendement en l'huile et la fragilité de certains constituants des huiles aux températures élevées (Farhat, 2010).

3.1. L'hydrodistillation

De manière générale, L'hydrodistillation proprement dite, est la méthode normée pour l'extraction d'une huile essentielle, ainsi que pour le contrôle de qualité, elle demeure la technique la plus utilisée. En effet, elle est très facile à réaliser, ne requiert qu'une verrerie de base (un chauffe-ballon, un ballon, un réfrigérant à eau ...) le matériel réutilisable indéfiniment à part, les seuls ingrédients nécessaires sont la plante, dont on veut extraire l'huile essentielle et l'eau, qui servira à l'entraîner.

Le principe de l'hydrodistillation correspond à une distillation hétérogène. C'est le cas de la méthode de Clevenger, inventée en 1928 (Clevenger, 1928). Bien que très efficace et largement acceptée par la communauté scientifique et dont le procédé consiste à immerger la matière première végétale dans un bain d'eau.

L'ensemble est ensuite porté à ébullition. La chaleur permet l'éclatement et la libération des molécules odorantes contenues dans les cellules végétales. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau, un mélange azéotropique (fig.1).

La durée d'une hydrodistillation peut considérablement varier, pouvant atteindre plusieurs heures selon le matériel utilisé et la matière végétale à traiter. Cependant, l'hydrodistillation possède des limites. En effet, un chauffage prolongé et trop puissant engendre la dégradation de certaines molécules aromatiques.

Afin de traiter des matières premières pour lesquelles il est difficile d'extraire l'huile essentielle ou pour les essences difficilement entraînaibles, l'hydrodistillation à pression réduite représente une bonne alternative. Cette technique est en outre utilisée pour le santal, le girofle ou les rhizomes de vétyver, de gingembre et d'iris.

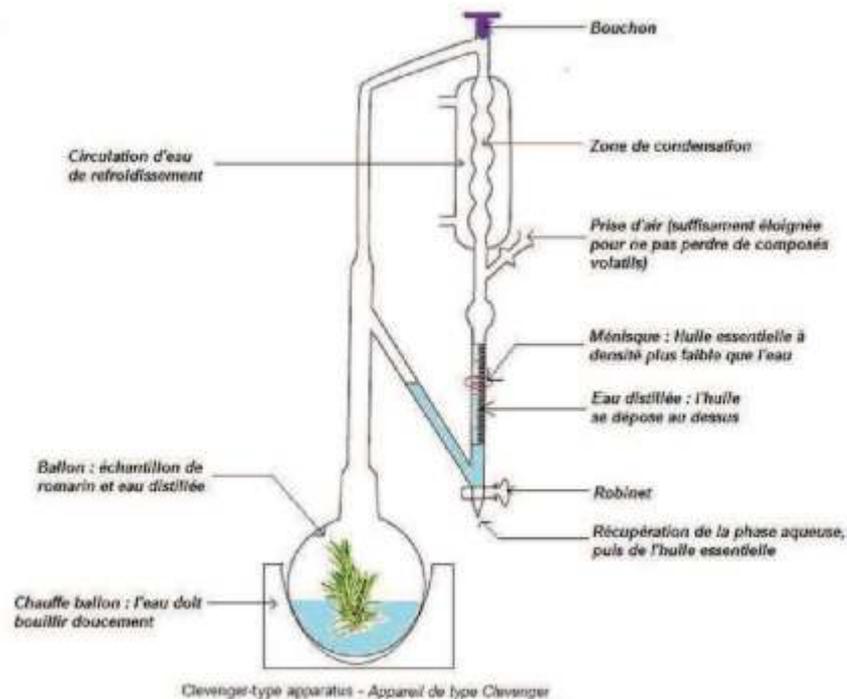


Figure 1. Montage d'hydrodistillation de Type Clevenger.

3.2. La pression à froid

La pression à froid est le moyen le plus simple mais aussi le plus limité. Cette technique d'extraction est utilisée pour obtenir des essences d'agrumes contenues dans les zestes.

Les huiles essentielles d'agrumes sont les seules à être extraites par le procédé de pression à froid. Ce procédé est basé sur la rupture ou la dilacération des parois des sacs oléifères contenues dans l'écorce des fruits et sur la pression du contenu de ces sacs sur les parois. La pélatrice (Fig.2) est constituée par une série de cylindres transversaux munis de pointes abrasives au travers desquels passent les fruits.

L'essence obtenue est ensuite entraînée par un courant d'eau froide. Une émulsion constituée d'eau et d'essence se forme, l'essence est alors isolée par décantation (Ferhat et al., 2010).

Diverses techniques manuelles ou mécaniques, traitant le fruit entier ou seulement les écorces sont utilisées (Ferhat et al., 2010). Le produit ainsi obtenu porte le nom d'essence, car il n'a subi aucune modification chimique (Roux, 2008). Cependant l'utilisation de grande quantité d'eau dans ce procédé peut altérer la qualité des huiles essentielles par dissolution des composés oxygénés, par hydrolyse et par transport de microorganismes (Lucchesi, 2005 ; Ferhat et al., 2010).



Figure 2. Une pélatrice d'extraction à froid

3.3. Entraînement à la vapeur d'eau

Les parties des plantes utilisées sont déposées sur une grille perforée au-dessus de la base de l'alambic, sans que le matériel végétal soit en contact avec l'eau (Lucchesi, 2005 ; Ferhat et al., 2010). Les particules de vapeur d'eau, se dirigeant vers le haut, font éclater les cellules contenant l'essence et entraînent avec elles les molécules odorantes. La vapeur passe ensuite à travers un récipient réfrigérant où la température diminue, provoquant le déclenchement des molécules huileuses des particules de vapeur, qui se condense en eau. L'huile et l'eau se séparent du fait de leurs poids spécifiques différents (Padrini et Lucheroni, 1996). Pendant l'entraînement à la vapeur d'eau, la matière végétale est exposée à une température élevée et à l'action chimique de l'eau, et dans ces conditions, la fragilité thermique des constituants de l'huile ou l'hydrolyse de certains d'entre eux conduisent à la formation d'artéfacts (Lucchesi, 2005 ; Ferhat et al., 2010).

3.4. L'enfleurage à chaud

Alternativement à la macération, il est également possible de procéder par l'enfleurage à chaud dans la graisse. Pour cela, il convient de chauffer une graisse animale clarifiée (à défaut de la vaseline ou de la paraffine, substances plus modernes) dans une chaudière en cuivre à 60 degrés. Les plantes y sont incorporées et détremées pendant 12 à 24 heures. Afin d'obtenir un résultat de qualité, il faut pressurer les plantes et remplir de nouveau la chaudière. Ce processus est répété autant de fois que nécessaire pour assurer le passage d'un maximum d'arômes dans la graisse. Ensuite une opération de filtration est nécessaire pour séparer la graisse des fleurs. Une pâte parfumée appelée « pommade » qui va être traitée avec la même technique d'extraction que pour un enfleurage à froid (Möller, 2008).

3.5. L'extraction assistée par Micro-ondes

Les inconvénients des techniques précédentes ont attiré l'attention de plusieurs laboratoires de recherche et ont permis la mise au point des nouvelles techniques d'extraction des huiles essentielles qui sont beaucoup plus écologiques, en utilisant des solvants moins toxiques et en petites quantités (Ferhat et al., 2010). Parmi ces techniques, figurent : l'extraction assistée par micro-ondes.

Les premiers travaux utilisant les micro-ondes pour extraire des composés organiques ont été publiés par Ganzler et al. (1986) et Lane et Jenkins (1986). Depuis cette date, l'extraction végétale assistée par micro-ondes a été le fruit de nombreuses recherches et de brevets.

L'extraction par micro-ondes regroupe différents procédés parmi lesquels :

- l'extraction par solvant assistée par micro-ondes ou « MAE : microwave assisted extraction » breveté par Paré.
- le « VMHD : vacuum microwave hydrodistillation » ou hydrodistillation par microondes sous vide, breveté par Archimex.
- Extraction par Hydrodiffusion assistée par Mico-ondes et Gravité (MHG).

Basée sur un principe relativement simple, l'extraction sans solvant assistée par microondes consiste à placer le matériel végétal dans un réacteur micro-ondes sans ajout d'eau ou de solvant organique. Le chauffage de l'eau contenue dans la plante permet la rupture des glandes renfermant l'huile essentielle. Cette étape libère l'huile essentielle qui est ensuite entraînée par la vapeur d'eau produite par la matière végétale. Un système de refroidissement à l'extérieur du four micro-ondes permet la condensation du distillat, composé d'eau et d'huile essentielle, par la suite facilement séparable par simple décantation. (Fig.3).

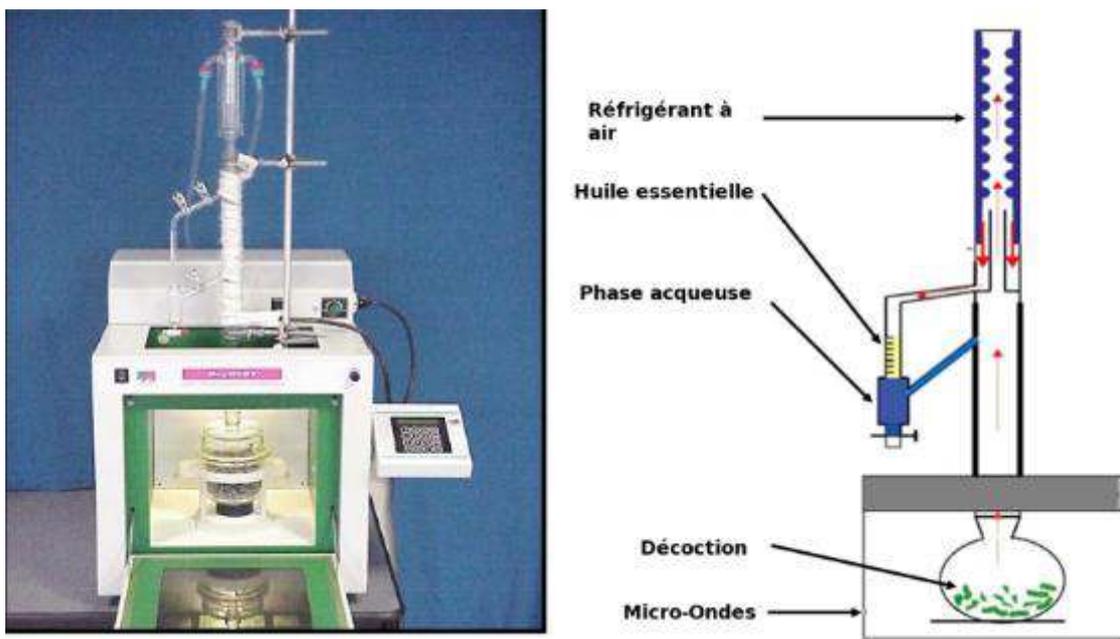


Figure 3. Montage d'extraction assisté par Micro-ondes (VMHD).

- **Extraction par Hydrodiffusion assistée par Micro-ondes et Gravité (MHG)**

L'hydrodiffusion assistée par micro-ondes et gravité (MHG) a été breveté par Chemat et coll. en 2008. Ce procédé a été conçu pour l'extraction des huiles essentielles de différentes matrices végétales par hydrodiffusion via un rayonnement micro-onde sous pression atmosphérique. Comme le montre la figure.4, le système MHG est constitué principalement

de quatre parties: - un réacteur dans lequel est uniquement placée la matière végétale à traiter, - un four à micro-ondes, - un système de réfrigération, - un essencier où est recueillie l'huile essentielle.

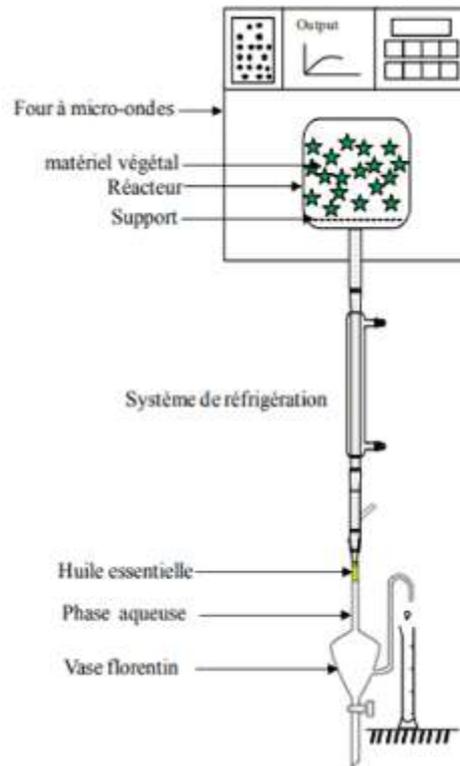


Figure 4. L'hydrodiffusion assistée par micro-ondes et gravité (MHG)

Le four microondes délivre une puissance maximale de 1000 W (variable) par l'intermédiaire de deux magnétrons de 800 W fonctionnant à une fréquence de 2,45 GHz. Le temps et la température peuvent être contrôlés par des programmes pilotés par icônes sur un écran tactile situé sur le front du four, offrant ainsi un contrôle complet des paramètres de la méthode d'extraction. La cavité du four micro-ondes est contrôlée par microprocesseur avec un système infrarouge pour un contrôle automatique des températures. L'enceinte du four microondes présente une cavité multimode recouverte de polytétrafluoroéthylène (Téflon ou PTFE).

Ce procédé, a été appliqué à plusieurs types de plantes telle que des plantes aromatiques et les citrus.

Le protocole expérimental de l'extraction par hydrodiffusion assistée par micro-ondes et gravité s'articule autour de trois points importants :

- La qualité de la matière végétale traitée,
- La puissance micro-ondes appliquée,

- La durée totale de l'extraction.

4. Les caractères physico-chimiques des HEs

Ce sont les critères de qualité des huiles essentielles visibles avec des analyses simples. Ils sont de différents types :

- **La couleur** : varie avec le vieillissement et l'oxydation, allant souvent dans le sens d'un brunissement.

L'odeur : est caractéristique à chaque huile essentielle et même à chaque crue, mais demande une bonne habitude olfactive.

- **La saveur** : constitue également un bon indicateur. Généralement, les huiles essentielles de mauvaise qualité ou falsifiées ont un goût désagréable qui s'amplifie avec le vieillissement.
- **Leur état physique** : elles sont habituellement liquides à température ambiante, et volatiles, ce qui les différencie des huiles dites fixes.
- **Leur densité** : en général inférieur à celle de l'eau.
- **Leur solubilité** : liposolubles, solubles dans les solvants organiques usuels, peu solubles dans l'eau.
- **Leur composition** : plusieurs molécules à squelette carboné, comprenant un nombre d'atomes de carbone compris entre 5 et 22 (le plus souvent 10 ou 15).

La conservation de l'huile essentielle est également un point essentiel à prendre en compte pour garantir l'entière qualité du produit. Elle ne doit pas être exposée aux rayons UV ou à de fortes températures pour éviter son oxydation. C'est pourquoi les huiles essentielles sont commercialisées dans des flacons en verre teinté qui permet de filtrer la plupart des rayons UV.

Il est aussi important de vérifier que l'huile essentielle ne soit pas en contact avec une partie plastique du flacon car elle a un fort pouvoir corrosif, risquant de ronger le plastique. Et que ce dernier doit être totalement hermétique pour éviter toute évaporation ou que l'huile essentielle se transforme en résine.

5. Les HE en tant que biopesticides (utilisation des HEs dans la phytothérapie)

Un très grand nombre de plantes aromatiques, d'origines géographiques différentes, est étudié et ont révélé des effets biocides contre divers ravageurs des cultures tel les

bactéries, les champignons et les insectes nuisibles ; dont leurs HEs servent comme produits phytosanitaires pour combattre dans les cultures végétales les infections fongiques ou bactériennes ou virales. Elles apportent des solutions en agriculture biologique, réduisant les effets néfastes des pesticides de synthèse comme la pollution ou le développement de résistances.

Les biopesticides à base d'huiles essentielles forment une classe de pesticides intéressante puisqu'en étant constituées de plusieurs composés à mécanismes d'action multiples, elles ont des modes d'application variés et plusieurs formulations sont déjà disponibles sur le marché des produits phytosanitaires (Chiasson et Beloin, 2007).

Des plantes méditerranéennes odorantes appartenant à différentes familles comme les Myrtaceae, les Poaceae, les Umbelliferae, les Lauraceae et les Myristicaceae exercent un effet protecteur sur les graines de Légumineuses soit en provoquant la mort de l'insecte, soit en inhibant sa reproduction (Huignard et al., 2011).

Pour Regnault-Roger (2002), les biopesticides d'origine végétale présentent des caractères qui font d'eux des phyto-insecticides potentiellement efficaces et respectueux de l'environnement à condition que cela soit pratiquement faisable. Parmi ces caractères :

- **Spécificité** : plusieurs travaux ont montré qu'il existe une grande variation dans la sensibilité d'une espèce d'insecte à une même huile essentielle. Celle-ci n'exerce pas systématiquement la même activité sur les différents stades de développement de l'insecte d'où elles peuvent agir à des moments déterminés sur l'espèce ciblée.

- **Biodégradabilité** : les molécules allélochimiques appartiennent au métabolisme secondaire et sont donc facilement biodégradées par voie enzymatique ; et le phénomène de bioamplification n'a pas été, à ce jour, rapporté. Ce sont des molécules qui ne développent que peu de toxicité pour les Vertébrés.

- **Résistance** : la diversité des molécules allélochimiques végétales conduit à la diversification des cibles moléculaires et biochimiques chez l'insecte à condition, bien sûr, de limiter les fréquences d'utilisation et de varier les formulations en associant plusieurs composés à modes d'action différents.

- **Biodisponibilité** : bien qu'elles soient sujettes à plusieurs facteurs qui influencent leur biodisponibilité au sein d'une espèce donnée, les molécules allélochimiques végétales peuvent fournir des quantités suffisantes grâce à leur ubiquité dans l'ensemble du règne végétal.

- **Sélectivité** : il existe des médiateurs chimiques impliqués dans la communication entre les individus et entre les espèces du monde des plantes et des insectes. Les composés sémio-chimiques végétaux auraient un effet sélectif sur les espèces cibles.

5.1. Huile essentielle de Bigaradier (*Citrus aurantium* L.)

Le bigaradier, une espèce d'arbres de la famille des rutacées (agrumes), est communément appelée « orange amère » ou « oranger de Séville » (*Citrus aurantium* L., 1753) mais c'est une espèce différente de l'orange douce ; son fruit est peu ou presque pas comestible.

Des appellations plus familières, telle que « Pomme du jardin des Hespérides » lui ont été données.

Le bigaradier et sa culture à une grande résistance au froid ne dépasse pas des températures comprises entre -8°C et -10°C . Très tolérant au calcaire, il s'adapte à beaucoup de sols mais craint les excès d'eau en sol lourd. Il se reproduit généralement par semis pour être utilisé comme arbre d'ornement dans les régions méditerranéennes, c'est également un arbre décoratif et un porte-greffe.

La bigarade fut appréciée dès le Moyen Age pour son écorce à odeur fortement poivrée, son parfum d'une exquise suavité et sa fleur blanche odorante. L'huile essentielle est obtenue par distillation des fleurs de bigaradier. Elle s'appellera plus tard Néroli en hommage à la princesse de Nérole (XVIII^{ème} siècle).

L'importance de la bigarade réside dans l'huile essentielle qu'on peut extraire à partir des fleurs, des feuilles, des graines et de l'écorce. Ces huiles donnent l'arôme typique d'orange utilisé dans les épices, les bonbons, les confiseries, les biscuits et les desserts ...etc. Certaines variétés donnent des huiles essentielles rentrant dans la fabrication des parfums, de savons renommés et de lotions après rasage. Elles trouvent également un usage en aromathérapie, et comme principal constituant des boissons gazeuses.

A la surface des fruits dans l'écorce se trouvent les glandes oléifères remplies d'huiles essentielles qui donnent au fruit son odeur caractéristique.

Avec le développement des industries du jus d'agrumes, le volume des résidus et des déchets constitués surtout par les écorces augmente et forme une masse considérable puisqu'elle représente à l'arrivée en gros, les deux tiers du tonnage des fruits. C'est donc par milliers de tonnes que ces déchets sortent des ateliers d'extraction des jus. En effet, chaque année en Afrique du Nord plusieurs milliers de tonnes de déchets d'oranges et généralement

d'agrumes sont déversés à la mer, ou dans des cours où ils sont laissés pourrir au soleil. L'accumulation de produits putrescibles constitue un danger pour la région.

En effet, l'utilisation de l'huile essentielle du Bigaradier dans la lutte contre la Bruche de la fève, fait l'objet de cette présente étude.

5.2. Utilisation des HEs tant que biopesticides dans la protection des graines de légumineuses

L'utilisation des substances naturelles des plantes en tant que biopesticides dans la protection des graines de légumineuses permet de limiter la toxicité des insecticides d'origines chimiques, ils se présentent sous plusieurs formes : extraits aqueux (Gwinner et *al.*, 1996 ; Aouinty et *al.*, 2006), extraits organiques (Regnault-Roger et *al.*, 1993), huiles végétales (Kellouche, 2005) ainsi que les huiles essentielles.

5.2.1. La Bruche de la fève *Bruchus rufimanus*

En Algérie la fève est exposée à des contraintes d'ordre biotiques notamment les mauvaises herbes, les maladies fongiques et virales ainsi que les ravageurs comme les insectes (Maatougui, 1996).

Parmi les insectes ravageurs de la fève, nous citons la bruche de la fève *Bruchus rufimanus*.

Les espèces du genre *Bruchus* sont des insectes phytophages qui colonisent les cultures au moment de la phase de floraison de leur plante-hôte et ne se reproduisent que sur les gousses vertes. Ce genre comporte environ 300 espèces, réparties dans toute la région Eurasiatique et en Amérique (Aoudjit, 2014).

Cet insecte cosmopolite s'attaque aux cultures de fève en Europe, au Maghreb, au Moyen-Orient et aux Etats Unis (Huignard et *al.*, 2011). Ses larves provoquent des modifications quantitatives et qualitatives des réserves, contenues dans les graines et réduisent leur pouvoir germinatif (Gain, 1978).

5.2.2. Position systématique

Selon Hoffmann et *al.* (1962), Appert et Deuse (1982), la systématique de la bruche de la fève est la suivante :

Embranchement:	Arthropodes
S/embranchement :	Ptérygotes
Classe :	Insectes
Section :	Néoptères

S/section :	Endoptérygotes
Ordre :	Coléoptères
S/ordre :	Phytophages
Famille :	Bruchidae
Genre :	Bruchus
Espèce :	<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman (1833).



Figure 5. Adulte de *Bruchus rufimanus* (Originale).

5.2.3. Dégâts causés par *Bruchus rufimanus*

La bruche de la fève se développe aux dépens des graines de légumineuses du genre *Vicia*. La femelle pond ses œufs sur les gousses et les larves de ce Coléoptère se développent aux dépens des graines, elles s'incrudent dans les graines et laissent une ouverture circulaire repérable à la surface de ces dernières, les rendant impropres à la consommation humaine et entraînant leur déclassement (Fig.6). Les graines endommagées perdent leur qualité gustative ainsi que leur pouvoir germinatif et leur poids.



Figure 6. Dégâts causés par *Bruchus rufimanus* sur les graines de *Vicia faba* (Originale).

Selon Boughdad (1994), les pertes sont occasionnées en fonction du nombre de bruches adultes, développées par graines et de l'intensité de l'infestation des graines. Elles dépendent aussi du poids sec de la graine aux dépens de laquelle s'est développée la larve. En effet, les pertes moyennes en poids sec des cotylédons sont de 2,84%, pour les graines avec une seule bruche, 5,87% avec deux bruches, 8,27% avec trois bruches, 11,40% avec quatre bruches et 14,5% pour les graines avec cinq bruches.

Une graine bruchée donne un rendement inférieur, à celle d'une graine saine qui, malgré une infestation par la bruche au niveau du champ, à la récolte, le rendement est peu affecté, ce n'est qu'au niveau des stocks que les baisses vont se révéler. Ces graines bruchées vont affecter le rendement de l'année suivante (Sadou, 1998).

Face à l'ampleur des dégâts causés, Il sera tenté de dégager les caractéristiques bioécologiques de ce ravageur liées aux conditions de nos agrosystèmes et les facteurs susceptibles de favoriser sa dynamique, d'un point de vu pratique. La connaissance de ces facteurs permettra d'entreprendre une lutte appropriée contre ce bioagresseur.

La lutte contre la bruche de la fève fait appel essentiellement aux insecticides, cependant, les innombrables nuisances associées à leur utilisation telles que leur toxicité, la perturbation de l'équilibre biologique de l'écosystème et le développement de souches résistantes, imposent la recherche de nouvelles méthodes alternatives de lutte contre ce ravageur.

CHAPITRE II:

MATERIEL ET METHODES

Notre travail a été réalisé au sein du laboratoire d'Écophysiologie des plantes et molécules bioactives du CRSTRA-Biskra.

1. Matériel

1.1. Matériel végétal

Les fruits de bigaradier *Citrus aurantium* L. ont été collectés en février 2020 au niveau d'une exploitation agricole (fig.7) située dans la commune de Djemorah (35° 4' 11" N et 5° 50' 39" E). Cette commune montagneuse de Biskra possède une superficie de 249,17 km², se trouve à 555 m d'altitude et se caractérise par un climat désertique sec et chaud (Selon la classification de Köppen: BWh).



Figure 7. Exploitation agricole de Bigaradier à Djemorah

Douze fruits ayant atteint leur pleine maturité, reconnaissables à la couleur orange foncé du zeste, ont été cueillis sur trois pieds de bigaradier.

1.2. Matériel animal

L'espèce étudiée est *Bruchus rufimanus*, obtenue à partir des graines de fève bruchées qui proviennent du marché local (Biskra), les bruches (environ 40 individus) sont conservées dans leurs anciennes fèves afin d'entretenir un élevage de masse au niveau du laboratoire de Biosystématique au CRSTRA-Biskra.

2. Méthodes

2.1. Extraction des huiles essentielles

Nous avons opté pour deux techniques d'extraction des huiles essentielles se trouvant dans le zeste du bigaradier. Les huiles essentielles obtenues par ces deux méthodes seront comparées dans :

- Leur rendement ;
- Durée d'obtention des huiles essentielles ;

2.1.1. Hydrodistillation de type Clevenger

2.1.1.1. Préparation du matériel végétal

Les fruits frais du bigaradier cueillis sont lavés à l'eau courante une fois au laboratoire, afin de les débarrasser des impuretés (poussières et insectes déprédateurs de la peau du fruit, etc.). Une fois lavés et essuyés les fruits ont été râpés à l'aide d'un zesteur de cuisine afin de récupérer leur zeste (Fig.6). Ce dernier est soumis à une hydrodistillation au moyen d'un dispositif d'extraction de type Clevenger, pour l'extraction des huiles essentielles qu'il renferme.



Figure 8. Récupération du zeste des fruits du bigaradier.

2.1.1.2. Processus d'extraction

Cette hydrodistillation est assurée grâce à un appareil de type Clevenger, où 100 g du zeste du bigaradier sont introduits avec 1500 ml d'eau de robinet dans un ballon de 2 l et le mélange est ensuite porté à ébullition. Après installation et fermeture du montage, la mise en marche du chauffe ballon est effectuée avec un réglage optimum du chauffage pour permettre une stabilité de l'extraction à une vitesse constante et bien maîtrisée (Fig.7).



Figure 9. Processus d'extraction des huiles essentielles du Bigaradier par hydrodistillation à l'aide d'un appareil de type Clevenger. **1,** Pesage du zeste de Bigarade; **2,** Le mettre dans le ballon; **3,** Montage d'HD Clevenger ; **4,** décantation de l'HE.

Les vapeurs hétérogènes et chargées d'huiles essentielles arrivent dans le condenseur où elles vont se condenser sur sa surface froide. La durée totale de l'extraction est estimée à 3 h (jusqu'à ce qu'on obtienne plus d'HE). L'huile essentielle se distingue de l'hydrolat (eau aromatique) par sa différence de densité et de couleur. On la sépare de celui-ci par décantation.

Une fois l'opération d'hydrodistillation terminée les huiles essentielles obtenues sont récupérées dans des flacons ambrés et pesées par la suite (fig. 8). Afin de préserver leurs qualités biochimiques les flacons ambrés contenant les huiles essentielles sont conservés à l'abri de la lumière dans un réfrigérateur réglé à une température de 4°C.



Figure 10. Pesage des huiles essentielles obtenues par hydrodistillation.

Cette opération est répétée cinq fois, et suivie par le calcul des rendements ; effectué selon la norme Afnor (1986).

2.1.2. Extraction par hydrodiffusion assistée par Micro-ondes et Gravité (MHG)

2.1.2.1. Préparation du matériel végétal

Deux fruits du bigaradier parmi ceux qui ont été lavés et essuyés au laboratoire ont été épluchés manuellement. Les écorces obtenues ont été découpés en petits morceaux de 1 à 1,5 cm de longueur. (fig.9)



Figure 11. Écorces du fruit de bigaradier découpés en petits morceaux

2.1.2.2. Processus d'extraction

Les extractions par micro-ondes ont été réalisées dans un four micro-ondes Milestone[©] (Ethos X ; SN : 1808 1950), enregistré sous le brevet européen EP 1 955 749 A1, ayant les caractéristiques ci-dessous :

- Cavité multimode ;
- Fréquence de 2450 Hz ;
- Magnétrons délivrant une puissance maximale de 3500 W.

Le montage élaboré est présenté dans la figure 9. Il est constitué d'un réacteur placé dans l'enceinte du four micro-ondes raccordé au montage situé à l'extérieur de la cavité du four par le biais d'une colonne assurant la liaison avec la partie du montage. Le système de réfrigération est composé d'un réfrigérant à serpentin, orienté verticalement afin de respecter l'orientation initiale du flux provenant du réacteur, d'assurer une condensation et un refroidissement maximal du fluide hydrodiffusé saturé en molécules aromatiques et d'obtenir un liquide le moins chaud possible pour éviter une dégradation thermique éventuelle des molécules aromatiques. Ce système de refroidissement est raccordé à son tour à un vase florentin où l'huile essentielle se sépare de la phase aqueuse par différence de densité.

Les petits morceaux des écorces des fruits épluchés (100g) ont été placés dans un réacteur à l'intérieur du four à micro-ondes, sans ajouter ni eau ni solvant organique. La micro-onde provoque un échauffement de l'eau contenue dans le matériel végétal (écorces coupés) ce qui permet la destruction des cellules contenant l'huile essentielle. Les huiles essentielles ainsi que l'eau interne du matériel végétal sont libérées et transférées de l'intérieur de la plante vers l'extérieur. Il s'agit du phénomène d'hydrodiffusion. Un système de refroidissement (8°C) à l'extérieur du four micro-ondes permet la condensation du distillat.



Figure 12. Extraction par hydrodiffusion assistée par Micro-ondes et Gravité (MHG).

L'huile essentielle est récupérée, pesée, et ensuite conservée dans des flacons ambrés, hermétiquement fermés et stockés dans un endroit frais (4°C) à l'abri de la lumière.

2.2. Calcul du Rendement en huile essentielle Rdt_{HE}

Le rendement en huile essentielle est estimé par le rapport des masses de l'huile essentielle et de la matière végétale séchée. Il est exprimé en pourcentage (%).

$$\text{Rdt}_{\text{HE}} = \frac{M_{\text{HE}}}{M_{\text{VS}}} \times 100$$

Où :

Rdt_{HE} : Rendement en huile essentielle (%);

M_{HE} : Masse de l'huile essentielle (g);

MVS : Masse de la matière végétale sèche (g) (Bousbia, 2011)

CHAPITRE III:

RESULTATS ET DISCUSSION

Nous traiterons dans ce chapitre des études qualitative et quantitative du rendement, dans le but de comparer l'application de la nouvelle méthode d'extraction par MHG (hydro-diffusion assistée par micro-ondes et gravité) à l'autre méthode conventionnelle HD (hydrodistillation).

1. Les propriétés Organoleptiques de l'huile essentielle de Bigaradier:

Aspect : liquide mobile limpide.

Couleur : jaune très pâle.

Odeur : citronnée, typique d'agrumes, fraîche, apaisante, légèrement acidulé.

Dont les huiles essentielles de Bigaradier, qu'elles soient hydrodistillées ou extraites par micro-ondes méthodes (MHG) représentent ces mêmes propriétés.

Selon Bousbia (2011); la composition qualitative et semi-quantitative des huiles essentielles de l'oranger « Valencia Late » extraites par les trois méthodes : MHG, CP et HD présente le même nombre de constituants dans l'essence, quelque soit le mode d'extraction choisi.

2. Rendement en huile essentielle de l'HD et MHG

Méthodes d'extraction	HD	MHG
Durée de l'extraction (min)	180	20
Rendement (%)	6.258	6.306

Tableau.1 : Rendements moyens en huiles essentielles de Bigaradier selon deux (2) méthodes d'extraction

Le tableau.1 présente la moyenne des résultats des rendements en huiles essentielles de *Citrus aurantium* issues de l'extraction innovante par MHG, réduisant considérablement le temps d'extraction et la consommation d'énergie par rapport à l'autre technique d'hydrodistillation.

À l'issue des résultats obtenus à travers le tableau.1, il ressort que les rendements moyens en huiles essentielles de *Citrus aurantium* issues de la HD et MHG allant respectivement de 6.258 ± 0.005 ml/100g MS et 6.306 ± 0.005 ml/100g MS sont assez importants.

Cependant, Boutabia et al (2016) ont constaté que l'opération d'extraction des huiles essentielles du romarin dans les trois stations de la région de Hammamet a permis d'avoir des rendements allant de 1.60 ± 0.004 ml/100g MS à 2.29 ± 0.041 ml/100g MS.

L'extraction par MHG permet l'obtention d'huiles essentielles avec des rendements similaires à ceux obtenus par hydrodistillation. Ces résultats sont d'autant plus intéressants que la durée d'une MHG n'excède pas 20 minutes alors que l'hydrodistillation nécessite neuf fois plus de temps, soit 180 minutes pour épuiser la plante en huile essentielle.

Selon Lucchesi (2005), la durée de l'extraction sans solvant assistée par micro-ondes de végétaux frais a été fixée après observation de la quantité d'huile essentielle extraite au cours du temps. Il est apparu qu'après trente minutes d'extraction celle-ci cesse d'évoluer de façon significative. La durée totale d'une extraction sans solvant assistée par micro-ondes a donc été fixée à trente minutes, étape de chauffage comprise.

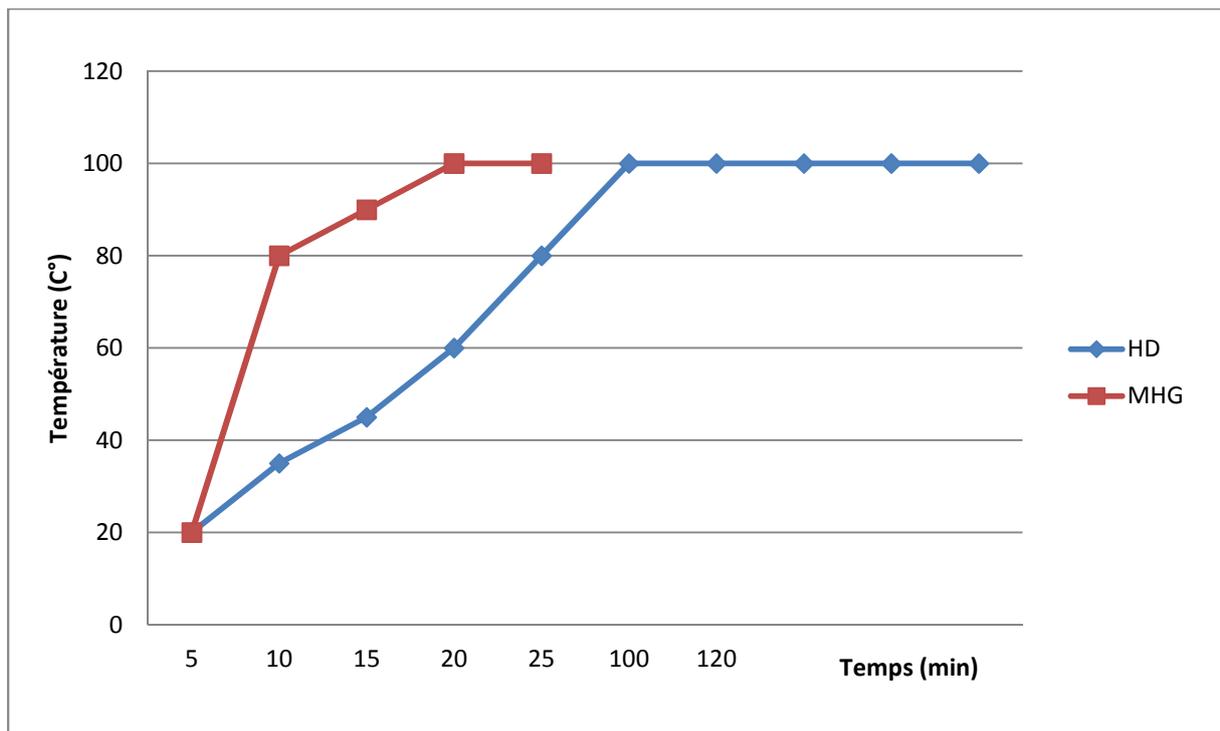


Figure 13. Évolution de la température au cours d'extraction en huiles essentielles de *Citrus aurantium* par HD et MHG

La figure 11 montre l'évolution de la température durant les étapes de chauffage et d'extraction de l'huile essentielle de Bigaradier aussi bien en MHG qu'en HD.

L'extraction s'effectue en deux étapes de durée inégale. L'étape de chauffage, traduit l'augmentation de la température au sein du réacteur jusqu'à la température de distillation

sensiblement égale à la température d'ébullition de l'eau. Cette période de chauffage est toujours de l'ordre de 5 minutes pour l'MHG et de l'ordre de 90 minutes pour l'HD. En revanche, l'étape d'extraction proprement dite durant laquelle les molécules aromatiques sont effectivement distillées est nettement plus longue (de l'ordre de 15 minutes pour l'MHG et de l'ordre de 3 heures pour l'hydrodistillation) et se traduit par un palier de température situé au niveau de la température de distillation (100°C). Lucchesi (2005).

Selon Ferhat (2010) ; Les résultats obtenus ont montré que le procédé MHG est avantageux par rapport aux autres méthodes conventionnelles, l'hydrodistillation (HD) et l'expression à froid (CP), d'un point de vue :

- quantitatif : des rendements identiques à ceux obtenus par hydrodistillation classique.
- qualitatif : le MHG fournit des huiles essentielles de haute valeur (composés oxygénés en grand pourcentage).
- temps d'extraction : un temps d'extraction plus court
- économique : Comme le temps d'extraction est réduit, le procédé est plus économique en temps et en énergie et par la suite en coût.
- environnemental : le MHG n'utilise ni solvant organique ni eau.

CONCLUSION

Le présent travail est consacré à l'extraction des huiles essentielles du *Citrus aurantium* récolté dans la région de Djemourah de la wilaya de Biskra en Février 2020, par deux procédés d'extraction dont l'hydrodistillation et l'hydrodiffusion assistée par micro-onde et gravité, et la détermination de leur rendement.

Une approche écologique et une compréhension du phénomène mis en jeu pour l'extraction des huiles essentielles par Hydrodiffusion par Micro-ondes et Gravité ont été abordées. La limitation des eaux usées, la rapidité de la procédure, la réduction du coût énergétique font de l'Hydrodiffusion par Micro-ondes et Gravité une technique innovante et attrayante. De plus, la procédure requiert les micro-ondes comme unique source d'énergie ; aucune source de chaleur additionnelle n'est requise.

Il ressort des résultats obtenus des rendements moyens en huile essentielle issues de la HD et MHG allant respectivement de 6.258 ± 0.005 ml/100g MS et 6.306 ± 0.005 ml/100gMS, cette huile qui s'avère prometteuse dans le domaine de la phytothérapie vu son rendement assez important.

Ces résultats sont d'autant plus intéressants que la durée d'une MHG n'excède par 20 minutes alors que l'hydrodistillation nécessite neuf fois plus de temps, soit 180 minutes pour épuiser la plante en huile essentielle.

En effet, les préparations insecticides à base d'HE de *Citrus aurantium* s'avèrent prometteuse et offrent des perspectives intéressantes pour le contrôle des insectes ravageurs. Vu son rendement assez important comparant à d'autres plantes aromatiques, ces huiles essentielles peuvent avoir des effets attractifs ou répulsifs et dans certains cas, ils ont montré une action insecticide.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

AFNOR, 2000 « Huiles essentielles. Ed. PARA Graphic. Tome1 – Echantillonnage et méthode d'analyse 471 P. Tome 2 – Volume 1 Monographie relative aux huiles essentielles 323 P. Tome 2 – Volume 2 » Monographie relative aux huiles essentielles. 663 P.

Alzouma, I., Huignard I., et Lengua, 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.

Aoudjit.S., 2014. « bioécologie et diapause reproductrice de la Bruche de la fève *Bruchus rufimanus* dans deux parcelles de fève et féverole dans la région de Haizer (Bouira) ». Thèse. Doc d'état. Univ. Tizi-Ouzou, Algérie. 104P.

Aouinty B., Oufara S., Mellouki F., Mahari S. 2006. « Evaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés : *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). Biotechnol. Agro. Soc. Environ ». 10(2): 67-71.

Boughdad A., 1994. « Statut de nuisibilité et écologie des populations de *Bruchus rufimanus* (Boh.) sur *Vicia faba* L. au Maroc ». Thèse d'État en Sciences, N° 3628 Université de Paris-Sud Orsay, 182 p.

Bousbia N., 2011. « Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires ». Université d'Avignon. France.

Boutabia L., 2016. « Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* L. de la région de Hammamet (Tébessa-Algérie) » *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. 85, 2016, p. 174 - 189*

Bruneton J. 1999. Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales. 3 Ed. Tec.& Doc., Paris. 1268p.

Chemat et coll. en 2008F. Chemat, M. Vian, F. Visioni, Microwave hydrodiffusion for isolation of natural products. Brevet Européen, EP 1 955 749 A1. 2008.

Chiasson H., Beloin N. 2007. « Les huiles essentielles, des biopesticides «nouveau genre ». *Antennae . Bulletin de la société d'entomologie du Québec* » 14(1): 3-5.

Farhat A., 2010. « Vapo-diffusion assistée par micro-ondes : conception, optimisation et application ». Université d'Avignon.137p

Fleurat-Lessard, F. 1994. «Écophysiologie des Arthropodes nuisibles aux stocks de céréales en Afrique tropicale». In Post-Récolte, principes et application en zone tropicale, ESTEMIAUPELF Verstraeten, 1-61.

Gain F., 1978. Notes sur la germination des grains de légumineuses habitées par les bruches ; C.R 1897, 2^{ème} semestre, pp. 195-197.

Guignard J.L., Cosson L., Henry M. 1985. Abrégé de phytochimie. Ed. Masson Paris, pp.155-174.

Gwinner J., Hanisch R., Mück O. 1996. «Manuel sur la manutention et la conservation des grains après récolte. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn », R.F.A., 388p.

Haouas, D., Ben Halima-Kamel, M., and Ben Hamouda M. H. 2008. Insecticidal activity of flower and leaf extracts from Chrysanthemum species against Tribolium confusum. Tunisian Journal of Plant Protection 3: 87-93.

Hoffman A., Labeyrie V. et Balachowsky, 1962. Famille des Bruchidae. In Entomologie app. à l'agriculture 434-494, (1), BALACHOWSKY Ed., Masson publ., Paris, 564p.

Huignard J., Glitho A., Monge J.P. et Regnault-Roger C., 2011. Insectes ravageurs des graines de légumineuses: Biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique. Ed. Qu_. 147p.

Kellouche A. 2005. « Etude de la bruche du pois chiche, *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera : Bruchidae) : Biologie, physiologie, reproduction et lutte ». Thèse. Doc d'état. Univ. Tizi-Ouzou, Algérie. 154p.

Maatougui M. E., 1996. Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance. Céréaliculture 29: 6-14.

Möller K., 2008 : La distillation à l'alambic, un art à la portée de tous. Editorial UNICO.152P.

Padrini F., Lucheroni M.T. 2006. Le grand livre des huiles essentielles. Ed. De Vecchi S.A., Paris. 206p.

Padrini F., Lucheroni M.T. 2006. « Le grand livre des huiles essentielles ». Ed. DeVecchi S.A., Paris. 206p.

Regnault-Roger C., Silvy C., Alabouvette C. 2005. « Biopesticides: réalités et perspectives commerciales. In : *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement* ». Ed. C. Regnault-Roger, pp. 849-880.

Regnault-Roger C. 2002. « De nouveaux phyto-insecticides pour le troisième illénaire? In Biopesticides d'origine végétale », ed. C. Regnault-Roger, B.J.R. Philogène, C. Vincent Paris: Lavoisier Tech & Doc, pp. 19-40.

Regnault-Roger C., Hamraoui A. 1993. «Efficiency of plants from the south of France used as traditional protectants of *Phaseolus vulgaris* L. against its bruchid *Acanthoscelides obtectus* (Say) ». J. Stored Prod. Res. 29(3): 259-264.

Sabbour M.M. et E-Abd-el-aziz S., 2007. Efficiency of some bioinsecticides against brood bean beetle, *Bruchus rufimanus* (Coleoptera: Bruchidae). Research journal of agriculture and biological sciences, 3 (2): 67-72.

Sadou M.K., 1998. «Mesure de l'intensité d'infestation de la fève par *Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera : Bruchidae) dans la station expérimentale (Oued smar) proposition d'une stratégie de lutte chimique ». Thèse de magister.Ins.Agr.El-Harrach. 96p.

Teuscher E., Anton R., Lobstein A. 2005. Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Ed. Lavoisier, 560p.

ANNEXES

Répétitions	Masse de HS (g)/100g MS	Rendement(%)
1	6.90	6.90 %
2	6.83	6.83 %
3	5.79	5.79 %
4	6.30	6.30 %
5	5.47	5.47 %
Moyenne	/	6.258 %

Tableau 2. Rendement en huile essentielle de Bigaradier issues d'HD

Répétitions	Masse de HS (g)/100g MS	Rendement(%)
1	6.20	6.20 %
2	6.47	6.47 %
3	6.25	6.25 %
Moyenne	/	6.306%

Tableau 3. Rendement en huile essentielle de Bigaradier issues de MHG

Résumé :

Le présent travail est consacré à l'extraction des huiles essentielles du *Citrus aurantium* par deux procédés d'extraction à savoir l'hydrodistillation et l'hydrodiffusion assistée par micro-onde et gravité, et la détermination de leur rendement.

Il ressort des résultats obtenus des rendements moyens en huile essentielle issues de la HD et MHG allant respectivement de 6.258 ± 0.005 ml/100g MS et 6.306 ± 0.005 ml/100g MS, ces résultats sont d'autant plus intéressants que la durée d'une MHG n'excède par 20 minutes alors que l'hydrodistillation nécessite neuf fois plus de temps, soit 180 minutes pour épuiser la plante en huile essentielle.

Mots-clés: huile essentielle, *Citrus aurantium*, rendement moyen, effet insecticide, *Bruchus rufimanus*, molécules bioactives.

Abstract:

The present work is devoted to the extraction of essential oils from *Citrus aurantium* by two extraction processes, namely hydrodistillation and hydrodiffusion assisted by microwave and gravity, and the determination of their yield.

The results obtained show average yields of essential oil from HD and MHG ranging respectively from 6.258 ± 0.005 ml/100g MS and 6.306 ± 0.005 ml/100g MS, these results are all the more interesting as the duration of a MHG does not exceed 20 minutes while hydrodistillation requires nine times longer, i.e. 180 minutes to exhaust the plant in essential oil.

Keywords: essential oil, *Citrus aurantium*, average yields, insecticidal effect, *Bruchus rufimanus*, bioactive molecules