

Université Abdelhamid Ibn  
Badis-Mostaganem  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

M<sup>lle</sup> SADOK Djennet

Et

M<sup>lle</sup> BENTOUNES Fatima Zohra

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN BIOLOGIE**

**Spécialité: VALORISATION DES SUBSTANCES NATURELLES VÉGÉTALES**

THÈME

*Etude de l'activité insecticide des extraits de feuilles  
du Ricinus communis et Mentha piperita à l'égard  
d'Aphis spiraecola puceron vert des agrumes  
(Hemiptera: Aphididae)*

Soutenue publiquement le 30/06/2016

DEVANT LE JURY :

Présidente : Mme. SAYEH .F                      MCB                      Université de Mostaganem

Examinatrice : Mme BENOURED F.                      MCB                      Université de Mostaganem

Encadreur : Mme BOUALEM M.                      MCB                      Université de Mostaganem

*Thème réalisé au Laboratoire Protection de culture –Faculté SNV (Site 3-Ex. ITA)*

## *Dédicaces*

**A** la mémoire de ma chère et tendre mère que son âme repose dans la  
« Miséricorde d'Allah »

**A** mes parents que dieu les protège. **E**n témoignage de ma profonde affection. Qu'ils sachent que ce travail est en partie le fruit de leur soutien ; je leur suis très reconnaissante. Leur fierté à mon égard aujourd'hui est pour moi la meilleure des récompenses.

**A** mon amie proche Dalila qui m'a permis d'oublier les moments de stress et de découragement.

**A** tous mes amis.

**A** mes frères, Iness et Aminou.

**A** notre terre sainte **Palestine**.

# *Remerciements*

*Avant toute chose, nous remercions Dieu, le tout puissant, de nous avoir donnée la force et la patience.*

*Nous exprimons notre profonde gratitude à M<sup>me</sup> Boualem enseignante à l'Université Abdel Hamid Ibn Badis, qui nous a fait l'honneur de diriger ce travail. Ses conseils pertinents nous ont permis de mener à terme ce travail.*

*Nous remercions les membres de jury, M<sup>me</sup> Saïah et M<sup>me</sup> Benoured d'avoir bien voulu accepter de juger ce travail.*

*Nous exprimons nos plus vifs remerciements, et notre reconnaissance toute particulière et gratitude, qui ne sera jamais concrètement exprimé à l'égard de M<sup>lle</sup> Saydiya et Fatima, pour l'aide précieuse et chaleureuse qu'elles nous ont apporté au sein du laboratoire pédagogique de biochimie de la faculté SNV.*

*Nous remercierons jamais assez Karim et Zinedinne, pour les nombreux services qu'ils nous en rendus durant la réalisation de ce travail, qu'ils trouvent ici le témoignage de nos remerciements les plus amicaux.*

## Résumé

Notre étude est fondée sur l'effet bio-insecticides des extraits polyphénolique de *Ricinus communis*, *Mentha piperita* et leur effet synergique ainsi que l'huile essentielle de *M. piperita* sur les pucerons d'agrumes *Aphis spiraecola*, les extraits ont également été expérimentés sur les coccinelles *Coccinella septempunctata* qui sont des ennemis naturels du puceron. Les résultats obtenus ont révélé des taux de mortalité de 96% respectivement pour *M. piperita* et l'extrait synergique et 100% pour *R. communis*. Les doses 1% et 2% de l'huile essentielle ont été les plus efficaces avec une mortalité de 100%. La dose 2% de l'huile essentielle a provoqué la mortalité des coccinelles à 100%. En comparant les résultats obtenus, on remarque que l'extrait polyphénolique de *M. piperita* ( $DL_{50}= 5,57\%$ ) et l'huile essentielle de *M. piperita* ( $DL_{50}= 0,1\%$ ) sont les plus efficaces par rapport à l'extrait polyphénolique de *R. communis* ( $DL_{50}= 9,90\%$ ) *M. piperita* ( $DL_{50}= 5,57\%$ ) et l'effet synergique ( $DL_{50}= 7,71\%$ ).

**Mots clés :** Bioinsecticide- Polyphénolique- *R. communis*- *M. piperita*- Huile essentielle- *A. spiraecola*- *C. septempunctata*.

## Abstract

Our study is based on the bio-insecticidal effect of polyphenolic extracts of *Ricinus communis*, *Mentha piperita* and their synergetic effect and the essential oil of *M. piperita* on Citrus aphid *Aphis spiraecola*, the extracts were also experienced on the ladybugs *Coccinella septempunctata* which are aphid's natural enemies. The results revealed 96% mortality rates, respectively for *M. piperita* and synergistic extract and 100% for *R. communis*. Doses 1% and 2% of essential oil were most effective with 100% mortality. The results obtained revealed that the mortality rate is 96% of the synergistic and *M. piperita* extract, 100% of *R. communis*, while the essential oil, the dose 1% and 2% were rated as the most effective with total mortality. Doses 1% and 2% of essential oil were most effective with 100% mortality. The dose 2% essential oil caused 100% ladybugs mortality. By comparing the results, we note that the *M. piperita* polyphenol extract ( $LD50=5.57\%$ ) and the *M. piperita* essential oil ( $LD50 = 0.1\%$ ) are the most effective against *R. communis* polyphenolic extract ( $LD50 = 9.90\%$ ) *M. piperita* polyphenol extract ( $LD50=5.57\%$ ) and synergistic ( $LD50=7.71\%$ ).

**Key words:** Bioinsecticidal- Polyphenolic- *R. communis*- *M. piperita*- Essential oil- *A. spiraecola*- *C. septempunctata*

## TABLES DES MATIERES

Liste d'abréviation.....	i
Liste des figures.....	ii
Liste des tableaux.....	v

### Dédicaces

### Remerciements

Introduction.....	1
-------------------	---

## PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

### Chapitre I : Les Plantes Médicinales Aromatiques

I-1. Historique.....	2
I-2. Introduction aux plantes médicinales et aromatiques.....	2
I-2.1. Définition des plantes aromatiques et médicinales.....	3
I-2.2. La science et les plantes médicinales et aromatiques.....	3
I-2.3. Production des PAM.....	4
I-2.3.1. Culture et récolte des plantes médicinales et aromatiques.....	5
a. Plantes de cueillette.....	5
b. Plante de culture.....	5
c. Conservation et stockage.....	6
d. Normalisation et standardisation.....	7
e. La monographie .....	7
I-3. Les substances actives des plantes médicinales et aromatiques.....	8
I-3.1. Alcaloïdes.....	8
I-3.2. Phénols.....	9
I-3.2.1. Les principales classes des composés phénoliques.....	9
I-3.2.2. Propriétés biologiques .....	9
I-3.3. Flavonoïdes .....	10
I-3.4. Tanins.....	11
I-4. Classification des plantes médicinales et aromatiques selon les effets.....	12
I-4.1. L'efficacité des plantes entières.....	13
I-4.2. L'effet thérapeutique .....	14
I-4.3. Les plantes et les systèmes de régulation .....	14
I-4.4. La peau .....	14
I-4.5. Le système immunitaire.....	14
I-4.6. Le système respiratoire .....	14
I-4.7. Les glandes endocrines.....	14
I-4.8. Le système urinaire .....	14
I-4.9. Système musculaire et squelette .....	15
I-4.10. Le système nerveux .....	15
I-4.11. La circulation et le cœur .....	15
I-4.12. Les organes digestifs .....	15

## CHAPITRE II : Les Huiles essentielles

II-1. Historique .....	16
II-2. Principes généraux .....	16
II-2.1. Répartition, localisation.....	17
II-2.2 Extraction.....	18
II-2.2.1. L'hydrodistillation .....	18
II-2.2.2. Entrainement par la vapeur.....	19
II-2.2.3. Extraction par solvants.....	20
II-3. Traitement des essences .....	20
II-4. La composition chimique des huiles essentielles .....	21
II-4.1. Les terpénoides .....	21
II-4.1.1. Les mono-terpènes .....	21
II-4.1.2. Sesquiterpènes .....	22
II-4.2. Les composés aromatiques .....	22
II-4.3. Les composés d'origines diverses .....	22
II-4.4. Les chémotypes.....	23
II-5. Rôle des composés terpéniques pour la plante .....	23
II-6. La conservation des huiles essentielles .....	24
II-7. Application des huiles essentielles .....	24
II-9. Effet insecticide des huiles essentielles.....	25
II-9.1. Les inconvénients de l'usage des insecticides chimiques .....	26
II-10. Rôle écologique des huiles essentielles .....	27

## Chapitre III : les plantes médicinales aromatiques étudiée

III-1. <i>Mentha piperita</i> L. ....	28
III-1.1. Généralité .....	28
III-1.1.1. La famille de lamiacées .....	28
III-1.1.1.2. Le genre <i>Mentha</i> .....	28
III-1.2. La Menthe poivrée .....	30
III-1.2.1. Classification de la menthe poivrée .....	31
III-1.2.2. Description botanique de la menthe poivrée .....	31
III-1.2.3. Culture .....	32
III-1.2.4. Composition chimique .....	32
III-1.2.5. Propriétés .....	34
III-1.3. Variétés .....	35
III-2. <i>Ricinus communis</i> .....	36
III-2.1. Généralités .....	36
III-2.2. Classement taxonomique .....	37
III-2.3. Origine et Habitat .....	37
III-2.4. Caractéristiques botaniques .....	38
III-2.5. Propriétés et usage .....	38
III-2.6. Composition et mécanisme d'action.....	39

## Chapitre IV : L'hôte, le bio-agresseur

IV-1. Présentation des modèles biologiques étudiés .....	41
IV-1.1. Les agrumes .....	41
IV-1.1.1. Origine et distribution géographique .....	41
IV-1.1.2. Taxonomie .....	41
IV-1.1.3. La maîtrise des nuisibles en vergers d'agrumes .....	42
IV-1.1.4. Aspect économique .....	44
IV-1.2. Les principaux ennemis .....	44
IV-1.2.1. Puceron .....	44
IV-1.2.1.1. Aperçu historique et position systématique .....	44
IV-1.2.1.2. Morphologie .....	46
IV-1.2.1.3. Importance économique et dégâts .....	47
IV-1.2.1.4. Le cycle biologique .....	48
IV-1.3. Insecticides chimique contre <i>A. spiraeicola</i> .....	50
IV-1.3.3. La lutte biologique .....	50
IV-1.3.3.1. Définition .....	50
IV-1.3.3.2. Rôle des coccinelles dans la lutte biologique .....	50
a. La coccinelle <i>Harmonia axyridis</i> (Coleoptera : Coccinellidae).....	50
a.1. Position systématique.....	50
b. <i>Adalia bipunctata</i> , <i>Harmonia auxyridis</i> et <i>Coccinella septempunctata</i> .....	51
IV-1.3.3.3. les problèmes liés à l'insuffisance des auxiliaires.....	51

## PARTIE EXPERIMENTALE

### Chapitre I : Matériels et méthodes

I-1. Objectif .....	52
I-2. Matériel biologiques .....	52
I-2.1. Matériel végétal .....	52
I-2.2. Matériel animal .....	52
I-3. Méthodologie d'étude .....	52
I-3.1. Taux d'humidité .....	52
I-3.2. L'extraction .....	52
I-3.2.1. Extraction par Hydro-distillation .....	52
I-3.2.2. Entrainement à la vapeur .....	54
I-3.2.3. Protocole des polyphénols.....	65
I-3.2.3.1. Le choix du solvant, température et durée.....	56
I-3.2.3.2. Les inconvénients et les avantages de l'extracteur de Soxhlet .....	57
I-3.2.4. L'évaporateur rotatif .....	59
I-3.2.4.1. Le principe de l'évaporateur rotatif .....	59
I-3.2.5. Le rendement d'extraction .....	59
I-3.4. L'activité insecticide .....	60
I-3.4.1. Préparation des dilutions .....	60
I-3.4.2. Test de contact .....	60
I-3.4.3.1. Le taux de mortalité.....	60

I-3.4.3.2. Détermination de la DL <sub>50</sub> , DL <sub>90</sub> et DL <sub>100</sub> .....	62
I-4. Analyses statistiques .....	62
<b>Chapitre II : Résultats et discussion</b>	
II-1. Taux d'humidité de la matière végétale .....	63
II -2. Etudes des extraits .....	63
II -2.1. Rendement .....	63
II -2.1.1. Extrait polyphénolique .....	63
II -2.1.2. Huile essentielle .....	64
II -3. Activité insecticide .....	64
II -3.1. Traitement par l'extrait polyphénolique de <i>M. piperita</i> .....	66
II -3.2. Traitement par l'extrait polyphénolique de <i>R. communis</i> .....	68
II -3.3. Traitement par l'extrait synergique.....	70
II -3.4. Traitement par huile essentielle de <i>M. piperita</i> .....	73
II-3.5. Comparaison entre l'activité insecticide des deux plantes sur le puceron.....	76
II-3.6. Comparaison entre l'activité insecticide des deux plantes et leur synergie sur le puceron .....	77
II-3.7. Effet des traitements sur <i>Coccinella septempunctata</i> .....	77
II-4. Analyses statistiques .....	78
<b>Conclusion</b> .....	<b>80</b>

## Références

## Annexes

## Liste d'abréviations

PAM : plantes médicinales aromatiques

HE : huiles essentielles

DDT : dichlorodiphényltrichloroéthane

v/v : volume/volume

DL : dose létale

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Principales voies de biosynthèse impliquées dans la production des métabolites secondaires végétaux.....	8
<b>Figure 2</b> : Structure de base des flavonoïdes .....	11
<b>Figure 3</b> : Structure chimique des acides gallique (A) et ellagique (B).....	12
<b>Figure 4</b> : Structure de base des tanins condensés.....	12
<b>Figure 5</b> : Les étapes de l'extraction des huiles essentielles.....	18
<b>Figure 6</b> : Structures chimiques de quelques exemples mono-terpènes rencontrés dans les huiles essentielles .....	22
<b>Figure 7</b> : Structures chimiques de quelques exemples sesquiterpènes rencontrés dans les huiles essentielles.....	22
<b>Figure 8</b> : La menthe .....	28
<b>Figure 9</b> : Les feuilles de <i>Mentha piperita</i> .....	30
<b>Figure 10</b> : La menthe poivrée .....	31
<b>Figure 11</b> : La fleur de <i>Mentha piperita</i> .....	32
<b>Figure 12</b> : Profil chromatographique de l'essence de l'hydrolat de la Menthe poivrée...33	
<b>Figure 13</b> : Arbuste de Ricin en fleurs ; capsules et graines .....	37
<b>Figure 14</b> : Structure de la ricine .....	40
<b>Figure 15</b> : Mécanisme de la toxicité du ricin.....	40
<b>Figure 16</b> : Les fruits des différentes espèces et variétés d'agrumes .....	42
<b>Figure 17</b> : Puceron des agrumes .....	42
<b>Figure 18</b> : Synthèse des interactions ravageurs– auxiliaires– flore en verger d'agrumes ....	43
<b>Figure 19</b> : Morphologie d'un puceron ailé .....	46
<b>Figure 20</b> : Colonies de puceron vert des agrumes.....	48
<b>Figure 21</b> : Mécanismes de transport des pesticides dans l'environnement .....	51
<b>Figure 22</b> : <i>Harmonia axyridis</i> .....	57
<b>Figure 23</b> : Dispositif d'Hydro-distillation .....	62
<b>Figure 24</b> : Dispositif d'Entrainement à la vapeur .....	63
<b>Figure 25</b> : L'extraction par l'entraînement à la vapeur .....	63
<b>Figure 26</b> : L'extracteur de Soxhlet .....	65
<b>Figure 27</b> : Extraction hydro-alcoolique par Soxhlet .....	66
<b>Figure 28</b> : Montage de l'évaporateur rotatif .....	67
<b>Figure 29</b> : Une boîte de Pétri préparée pour le test .....	69

<b>Figure 30</b> : Taux d'humidité de <i>R. communis</i> et <i>M. piperita</i> .....	71
<b>Figure 31</b> : Les cycles d'extraction par l'extracteur de Soxhlet de l'extrait hydro-alcoolique de <i>M.piperita</i> .....	72
<b>Figure 32</b> : Huiles essentielles : A- <i>R. communis</i> ; B- <i>M. piperita</i> .....	73
<b>Figure 33</b> : Effet des traitements sur les pucerons étudiés A-des pucerons paralysés B- des pucerons morts .....	74
<b>Figure 34</b> : L'évolution du taux de mortalité cumulée de <i>M. piperita</i> sur <i>A. spiraecola</i> .....	75
<b>Figure 35</b> : L'évolution de la mortalité corrigée cumulée de l'extrait polyphénolique de <i>M. piperita</i> sur <i>A. spiraecola</i> .....	76
<b>Figure 36</b> : L'évolution de la mortalité corrigée de l'extrait polyphénolique de <i>M. piperita</i> sur <i>A. spiraecola</i> .....	76
<b>Figure 37</b> : L'évolution du taux de mortalité cumulée de <i>R. communis</i> sur <i>A. spiraecola</i> .....	78
<b>Figure 38</b> : L'évolution de la mortalité corrigée cumulée de l'extrait polyphénolique de <i>R. communis</i> sur <i>A. spiraecola</i> .....	78
<b>Figure 39</b> : L'évolution de la mortalité corrigée de l'extrait polyphénolique de <i>R. communis</i> sur <i>A. spiraecola</i> .....	79
<b>Figure 40</b> : L'évolution du taux de mortalité cumulée de l'extrait synergique sur <i>A. spiraecola</i> .....	80
<b>Figure 41</b> : L'évolution de la mortalité corrigée cumulée de l'extrait méthanoïque synergique sur <i>A. spiraecola</i> .....	81
<b>Figure 42</b> : L'évolution de la mortalité corrigée de l'extrait synergique sur <i>A. spiraecola</i> .....	81
<b>Figure 43</b> : L'évolution du taux de mortalité cumulée de l'huile essentielle de <i>M. piperita</i> sur <i>A. spiraecola</i> .....	83
<b>Figure 44</b> : L'évolution de la mortalité corrigée de l'huile essentielle de <i>M. piperita</i> sur <i>A. spiraecola</i> .....	83
<b>Figure 45</b> : L'évolution de la mortalité corrigée de l'huile essentielle de <i>M.piperita</i> sur <i>A. spiraecola</i> .....	84
<b>Figure 46</b> : Comparaison de l'activité insecticide de la Menthe et le Ricin sur <i>A. spiraecola</i> .....	85

<b>Figure 47</b> : Comparaison de l'activité insecticide entre la Menthe, le Ricin et leur synergie sur <i>A. spiraecola</i> .....	86
<b>Figure 48</b> : L'effet des extraits hydro-alcooliques sur <i>Coccinella septempunctata</i> .....	88
<b>Figure 49</b> : L'effet d'huile essentielle de <i>M. piperita</i> sur <i>Coccinella septempunctata</i> .....	88

## Liste de tableaux

<b>Tableau 1</b> : Activité biologique de quelques composés phénolique.....	10
<b>Tableau 2</b> : Composition chimique de l'HE de la menthe poivrée et de l'essence extraite de l'hydrolat correspondant.....	33
<b>Tableau 3</b> : Normes de composition de l'huile essentielle de <i>Mentha piperita</i> .....	34
<b>Tableau 4</b> : Propriétés thérapeutiques de l'huile essentielle de <i>Mentha piperita</i> par molécules actives .....	35
<b>Tableau 5</b> : Caractéristiques physico-chimiques de l'huile.....	39
<b>Tableau 6</b> : Les caractéristiques morphologiques de puceron .....	47
<b>Tableau 7</b> : Les caractères morphologiques de <i>A. bipunctata</i> , <i>H. auxyridis</i> et <i>C. septempuncta</i> .....	58
<b>Tableau 8</b> : Le rendement de l'huile essentielle des plantes étudiées.....	73
<b>Tableau 9</b> : Valeurs des doses létales de l'extrait polyphénolique de <i>M. piperita</i> sur <i>A. spiraecola</i> .....	77
<b>Tableau 10</b> : Valeurs des doses létales de <i>R. communis</i> sur <i>A. spiraecola</i> .....	79
<b>Tableau 11</b> : Valeurs des doses létales de l'extrait synergique sur <i>A. spiraecola</i> .....	82
<b>Tableau 12</b> : Valeurs des doses létales de l'huile essentielle de <i>M. piperita</i> sur <i>A. spiraecola</i> .....	84

# *Introduction*

## Introduction générale

Depuis que l'homme a commencé à s'intéresser à l'agriculture et depuis le développement des ressources qu'il utilise il n'a cessé de rencontrer des problèmes tout au long de son parcours, des problèmes de sol jusqu'au manque d'eau en passant par les variations du climat et les intempéries.

Dans notre travail de recherche nous nous sommes intéressés à un problème récurrent pour lequel, il existe déjà plusieurs solutions ; bien que nous arrivions à éliminer les pucerons logés dans les agrumes par le biais d'insecticides et de produits chimiques divers, cette solution est considérée comme une arme à double tranchant car en plus des effets néfastes sur le sol mais aussi sur la plante, ces produits sont indirectement consommés par l'homme.

Dans notre recherche à une alternative aux insecticides nous avons opté pour le ricin *Ricinus communis* dont la plante est connue pour son produit toxique naturel qu'elle recèle et la menthe poivrée *Mentha piperita* connue pour ses effets insecticides.

La partie expérimentale a été établie pour répondre à un certain nombre de questions dont :

- L'effet biocide des deux extraits méthanoïques du ricin et de la menthe poivrée ainsi que de leur mélange sur le puceron des agrumes *Aphis spiraecola* ;
- L'effet de ces extraits naturels sur les ennemis naturels du puceron étudié, notamment les coccinelles ;
- La dose adéquate et minimale pouvant éliminer les pucerons et réduire les naissances.

Afin de mener à bien notre étude, il nous a été permis de structurer notre recherche en deux parties majeures ; une partie synthétisant une recherche bibliographique et théorique sur les différents éléments étudiés. Suivie d'une partie pratique et expérimentale, qui s'est déroulée au laboratoire pédagogique de Biochimie N° 2 et le laboratoire de recherche protection des végétaux de l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.

Une analyse statistique a été faite à l'aide du logiciel Stat box suivie d'une interprétation et discussion des résultats.

## *Partie Bibliographique*

# *Chapitre I*

*Les plantes médicinales aromatiques*

*(PMA)*

## **I-1. Historique**

Les plantes nous relient au passé, au présent et à l'avenir. Nous les associons à d'appétissantes nourritures, aux parfums de la nature, aux médecines douces, à de paisibles jardins, à des savoirs utiles, à des histoires mystérieuse et à des pratiques sacrées. Chaque élément de cette tapisserie colorée avive les autres mais, sous les fils, la trame est verte. Car la plante est à l'origine de tout ce charme (Bremness, 2005).

Il y a environ 500 000 plantes sur terre ; 10 000 d'entre elles, environ, possèdent des propriétés médicinales. Cent des plus courantes, présentées dans l'ordre alphabétique de leurs noms latins, sont étudiées dans la partie consacrée aux principales plantes médicinales. La plupart de ces plantes sont bien connues et traditionnellement utilisées dans le monde entier, comme la camomille allemande (*Chamomilla recutita*), ou le gingembre (*Zingiber officinale*). Les autres tels la badiane de Chine (*Illicium verum*). Originaire d'Asie, la majorité de ces plantes ont joué un rôle important en phytothérapie et certaines d'entre elles font l'objet de recherche approfondies, alors que d'autres sont utilisées dans le cadre de tradition locale ; qui agissent efficacement sur la santé et vont jouer un rôle important dans la médecine de demain (Bremness, 2005).

La médecine par les plantes est l'une des plus vieilles médecines du monde. Elle représente une alternative intéressante pour traiter et soigner sans créer de nouvelles maladies. Malgré le développement phénoménal de l'industrie pharmaceutique et chimique, l'intérêt populaire pour la médecine par les plantes n'a jamais cessé d'évoluer. De nos jours ces deux types de médication se retrouvent intimement liés puisque le modèle moléculaire de la plupart des médicaments mis sur le marché, ont pour origine la plante (Belkacem, 2009).

## **I-2. Introduction aux plantes médicinales et aromatiques**

Depuis la nuit des temps, les hommes apprécient les vertus apaisantes et analgésiques des plantes. Aujourd'hui encore, les deux tiers de la pharmacopée ont recours à leurs propriétés curatives. A travers les siècles, les traditions humaines ont su développer la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales. Si certaines pratiques médicales paraissent étranges et relèvent de la magie, d'autres au contraire semblent plus fondées, plus efficaces. Pourtant, toutes ont pour objectif de vaincre la souffrance et d'améliorer la santé des hommes (Iserin *et al.*, 2001).

Le commerce mondial des plantes médicinales et aromatiques (matériel végétal) est évalué à près de 0,5 million de tonnes pour une valeur qui avoisine 1,2 milliards d'Euros. Cinq pays européens font partie des 12 plus grands pays importateurs au monde des PAM: l'Allemagne, l'Espagne, la France, l'Italie et le Royaume-Uni. L'Europe, dans son ensemble, joue un rôle prépondérant dans le commerce international de ces plantes, le quart des importations annuelles du monde entier lui revenant. Au cours des dernières années, l'Europe a importé annuellement, en moyenne, 120 000 tonnes de PAM provenant de plus de 120 pays différents. Trois pays européens se classent également parmi les 12 plus grands pays exportateurs PAM, l'Allemagne, la Bulgarie et la Pologne. En Europe, on utilise au moins 2000 taxons végétaux médicinaux et aromatiques sur une base commerciale. Les deux tiers de ces taxons, sont des espèces natives de l'Europe. Parmi les espèces des plantes européennes qui font l'objet d'un commerce, 90% au moins sont encore récoltées dans la nature. Le volume global du matériel végétal récolté, chaque année, dans la nature, serait de l'ordre de 30 000 tonnes. Au sein de l'Union Européenne, la superficie totale des plantes médicinales et aromatiques cultivées est de l'ordre de 70 000 hectares (Tardivon & Chadouli, 2012).

### **I-2.1. Définition des plantes aromatiques et médicinales**

Les plantes médicinales sont des drogues végétales au sens de la Pharmacopée européenne dont au moins une partie possède des propriétés médicamenteuses. Il est peu fréquent que la plante soit utilisée entière, le plus souvent, il s'agit d'une ou de plusieurs parties qui peuvent avoir chacune des utilisations différentes (Iserin *et al.*, 2001).

### **I-2.2. La science et les plantes médicinales et aromatiques**

A travers les siècles, les traditions humaines ont su développer la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales. Beaucoup de remèdes phytothérapeutiques sont nés par des observations, de l'inspiration et de l'expérience des guérisseurs, qui sont devenus des personnages révéérés dans toutes les tribus et chez tous les peuples (Bermness, 2005).

La pensée scientifique occidentale traditionnelle s'attache à expliquer un tout en analysant les propriétés des éléments qui le composent. Ainsi, la botanique expose la fonction de chaque partie d'une plante, et la chimie analyse ses composants pour isoler les principes actifs. Toutefois, en se fondant sur des hypothèses très circonscrites, les chercheurs occidentaux ont peut-être négligé certaines interactions subtiles entre les plantes et l'homme.

Au contraire, les phytothérapeutiques soutiennent depuis longtemps que la plante

forme un tout et que ses composants actifs n'agissent pas isolément. Aujourd'hui, la physique quantique, qui met l'accent sur les processus naturels plus que sur les éléments, donne une certaine crédibilité à cette théorie en ouvrant la voie à une nouvelle compréhension de la maladie comme « dysharmonie ». Cette nouvelle approche et l'intérêt croissant porté à la phytothérapie sont riches de perspectives pour la qualité de vie (Bremness, 2005).

Les principes actifs d'une plante médicinale sont les composants naturellement présents dans cette plante; ils lui confèrent son activité thérapeutique. Il se peut que des principes actifs se trouvent dans toutes les parties de la plante, mais de manière inégale. Et tous les principes actifs d'une même plante n'ont pas les mêmes propriétés (ex: l'oranger: ses fleurs sont sédatives et son écorce est apéritive).

Nous pouvons citer comme éléments actifs des plantes : les phénols, les flavonoïdes, les tanins, les anthocyanes, les saponines, les vitamines, les glucosides et les minéraux (Sebai et Boudali, 2012).

On peut classer les plantes médicinales comme une ressource naturelle renouvelable, c'est à dire, que l'apparition ou la disparition des plantes, se fait périodiquement et continuellement dans des saisons définies par la nature (la biologie de la plante, l'écologie, ...etc.) (Adli et Yousfi, 2015).

De plus, les effets secondaires induits par les médicaments inquiètent les utilisateurs, qui se tournent vers des soins moins agressifs pour l'organisme. On estime que 10 à 20% des hospitalisations sont dues aux effets secondaires des médicaments chimiques. C'est pour cela on voit que la phytothérapie qui propose des remèdes naturels et bien acceptés par l'organisme, est souvent associée aux traitements classiques. Elle offre aussi de multiples avantages malgré les énormes progrès réalisés par la médecine moderne. L'action de la phytothérapie sur l'organisme dépend des plantes, leurs effets en fonction de leurs principes actifs (Chevallier, 2001).

### **I-2.3. Production des PAM**

La production des PAM a plusieurs objectifs :

- L'obtention d'un matériel végétal présentant une qualité organoleptique satisfaisante (fortes teneurs en matières aromatiques et gustatives), c'est-à-dire ; teneur élevée en huile essentielle, notamment ;
- L'obtention de rendements de production élevés et stables, grâce à la conservation des qualités culturales d'une génération à une autre ;

- L'amélioration des qualités culturales, comme la capacité des espèces aromatiques à résister à la sécheresse, au gel, aux attaques des insectes et aux maladies ;
- L'amélioration de leur qualité de croissance, par exemple l'obtention des feuilles de grande taille ou en nombre élevé, voir un bon rendement racinaire pour augmenter leur intérêt commercial ;
- L'optimisation des récoltes, comme la maturation synchronisée des fruits, leur absence de déhiscence afin d'éviter la propagation des graines, l'obtention de fruits de consistance correcte ou de bonne conservation afin de faciliter leur stockage.

La maîtrise des paramètres de production des plantes aromatiques est plus limitée que pour les plantes alimentaires. Seules les espèces végétales qui font l'objet d'une consommation élevée (comme le cumin, la marjolaine et la menthe poivrée) ont fait l'objet d'importants travaux de recherche en agronomie, qui concernent surtout les domaines des sélections variétales et de mutations génétiques. Il est fort probable qu'à l'avenir, la production des plantes aromatiques par voie biotechnologique sera maîtrisée (Teuscher *et al.*, 2005).

### **I-2.3.1. Culture et récolte des plantes médicinales et aromatiques**

Afin de tirer la meilleure partie des plantes médicinales, il convient de veiller à ce que les herbes et leurs dérivés soient d'excellente qualité. Cela exige qu'elles soient cultivées dans de bonnes conditions, correctement séchées, bien conservées et que leur date limite de consommation soit respectée. Le recours à des plantes de mauvaise qualité est bien souvent une perte de temps et d'argent étant donné que vous n'en tirerez pas tous les bienfaits. S'agissant de plantes médicinales, la qualité prime avant tout (Iserin *et al.*, 2001).

#### **a. Plantes de cueillette**

La récolte des plantes sauvages couvrait autrefois la presque totalité des besoins de la thérapeutique. Elle est aujourd'hui insuffisante pour beaucoup de drogues, et présente des inconvénients d'ordre économique, main-d'œuvre onéreuse au regard de la valeur marchande de la plante récoltée, et sur le plan de qualité, souvent inégale lorsque les récoltes sont dispersées. Elle reste cependant pratiquée quand les gîtes naturels sont nombreux et d'accès facile, lorsque la demande est réduite et si la culture est difficile (Catier *et al.*, 2007).

### **b. Plante de culture**

Les cultures des plantes médicinales présentent de nombreux avantages :

- A partir de semences sélectionnées, une culture soignée permet d'obtenir une matière première abondante et de bonne qualité ;
- Les plantes ont toutes le même état de maturités lors de la récolte, qui est aisée, souvent mécanisée, réduisant les frais de main-d'œuvre ;
- Séchage et traitement du végétal peuvent se faire dans de bonnes conditions, au voisinage des lieux de culture ;
- Comme pour les cultures alimentaires, on utilise des plantes sélectionnées et améliorées permettant d'obtenir une forte teneur en principes actifs intéressants et facilitant la culture, en augmentant par exemple la résistance aux conditions climatiques ou aux parasites (Catier *et al.*, 2007).

### **c. Conservation et stockage**

Rarement utilisées à l'état frais, les plantes médicinales nécessitent des précautions particulières au niveau de leur conservation. En effet, une fois récoltée la plante fane rapidement et ces processus de dégradation sont préjudiciables à l'activité thérapeutique de la drogue.

Ces dégradations, le plus souvent de nature enzymatique (hydrolyse, oxydation, polymérisation), nécessitent la présence d'eau et peuvent donc être évitées par différents moyens :

- **La dessiccation** : l'action des enzymes est inhibée par l'élimination de l'eau.

Il faut agir le plus rapidement possible après la récolte, sans altérer les principes actifs, et contrôler ensuite la teneur en eau pour s'assurer que la dessiccation a été suffisante.

On peut procéder par séchage à l'air libre, pour des drogues peu fragiles et si le climat est chaud et sec, ou par séchage à l'air chaud dans des séchoirs tunnels, ce qui est souvent plus rapide et permet d'opérer dans des conditions strictement définies (température, durée de séchage, ..) ;

- **La stabilisation** : elle dénature, de façon irréversible, les enzymes, qui ne pourront donc plus agir même si la plante est réhydratée. On utilise la chaleur sèche (étuve), la chaleur humide (vapeur d'eau, autoclave) ou le traitement par l'alcool bouillant. Ce dernier procédé permet en même temps d'extraire les principes actifs solubles dans l'alcool (préparation d'extraits alcooliques stabilisés).

Une plante médicinale mal conservée perd en partie sa valeur thérapeutique, et il faut éliminer au cours du stockage l'action d'un certain nombre de facteurs parmi lesquels : l'air et la lumière (pour éviter les réactions d'oxydation), l'humidité (propice à la détérioration des principes actifs et au développement de moisissures), l'attaque des animaux (insectes, rongeurs et d'autres parasites) (Catier *et al.*, 2007).

#### **d. Normalisation et standardisation**

Pour conserver aux plantes leur place en thérapeutique il faut produire et mettre sur le marché des drogues de qualité et d'activité constantes.

La standardisation est de règle pour de nombreux produits agricoles, y compris pour les plantes médicinales, dont on exige qu'elles répondent à certaines normes, c'est à dire qu'elles possèdent des caractères bien définis :

- Caractères morphologiques : aspect, taille, couleur, ....
- Caractères analytiques : teneur maximale en eau, élément minéraux, teneur minimale en principe actif...
- Caractères physiologiques : propriétés pharmacologiques, toxicité, .... (Catier *et al.*, 2007).

#### **e. La monographie**

On entend par monographie la description complète de la plante, permettant :

- De l'identifier en éliminant tout risque d'erreur, de confusions ou de falsifications possibles ;
- De répéter les propriétés qui expliquent les emplois, la toxicité, les effets indésirables, les contre-indications....

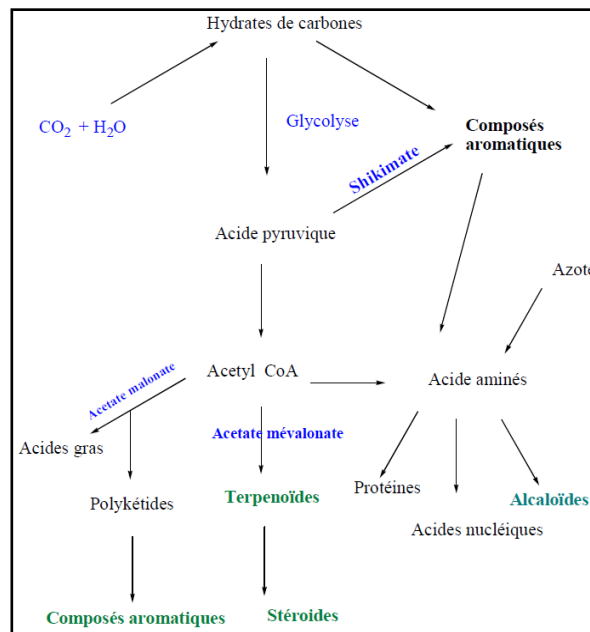
Toute monographie s'organise comme suit :

- Définition : nom français, nom latin, famille, drogue, législation (appartenance à une liste des substances vénéneuses) ;
- Etude botanique :
  - Description de la plante, origines et récolte ;
  - Caractère de la drogue : macroscopiques et organoleptiques, microscopiques, risques de falsifications éventuelles ;
- Composition chimique : eau, substances minérales, substances diverses, principes actifs ;

- Action physiologique : toxicité, action sur les fonctions et les organes ;
- Essais : toute monographie précise quelles sont les méthodes et analyses permettant de vérifier les caractères botaniques, physico-chimiques et physiologiques décrits ;
- Emplois : indications thérapeutiques, posologie, précautions d'emploi... (Catier *et al.*, 2007).

### I-3. Les substances actives des plantes médicinales et aromatiques

Chaque espèce végétale contient un certain nombre de substances. Les métabolites secondaires sont des produits à structure chimique souvent complexe, on recense plusieurs milliers de métabolites (au moins 30000 structures caractérisées) et sont classées selon leur appartenance chimique (Judd, 2002). Parmi ces substances, on trouve les composés phénoliques, les flavonoïdes, les tanins, les saponosides, les huiles essentielles et les alcaloïdes qui ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique.



**Figure 1 : Principales voies de biosynthèse impliquées dans la production des métabolites secondaires végétaux (Panda et Khush, 1995)**

#### I-3.1. Alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des molécules d'origine naturelle. On les trouve principalement chez les végétaux, mais aussi chez les animaux et chez certains micro-organismes. Leur structure chimique de base est un hétérocycle azoté sauf pour quelques substances dans

lesquelles l'azote est extra cyclique (c'est le cas de la colchicine et de l'éphédrine). Il existe plus de six mille alcaloïdes mais ce chiffre est en constante augmentation (Judd *et al.*, 2002).

### **I-3.2. Phénols**

Ce sont des dérivés non azotés dont le ou les cycles aromatiques sont issus de deux grandes voies métaboliques : la voie du shikimate et celle de l'acétate. La diversité structurale des composés phénoliques est due à cette double origine synthétique, et elle augmente souvent avec la participation simultanée du shikimate et l'acétate conduisant à l'élaboration de composés mixtes (flavonoïdes, stibène, xanthones, etc.). Plusieurs milliers de polyphénols ont été identifiés dans les plantes et dans les aliments d'origine végétale. Il existe une très grande variété de phénols, de composés simples comme l'acide salicylique, molécule donnant par synthèse l'aspirine, à des substances plus complexes comme les composés phénoliques auxquels sont rattachés les glucosides. Les phénols sont anti-inflammatoires et antiseptiques (Bruneton, 1999).

#### **I-3.2.1. Les principales classes des composés phénoliques**

Les composés phénoliques sont classés selon le nombre d'atome de carbone dans le squelette de base, ces structures peuvent être sous forme libres ou liées à l'ester ou hétérosides (Bruneton, 1999). Les différentes classes de ces composés phénoliques, et les plantes qui les renferment sont représentées dans le tableau 1.

#### **I-3.2.2. Propriétés biologiques**

Les polyphénols ont une multitude d'activités biologiques dépendant de leur structure chimique. Ils constituent une importante famille d'antioxydants dans les plantes, les fruits et les légumes puisqu'elles comprennent plus de 6000 molécules. Contrairement aux antioxydants synthétiques comme le butylhydroxyanisole (BHA) et le butylhydroxytoluène (BHT). Les polyphénols n'ont aucun effet nuisible sur la santé humaine (Bounatirou *et al.*, 2007).

Les polyphénols ont également un rôle dans le contrôle de la croissance et le développement des plantes en interagissant avec les diverses hormones végétales de croissance. Ils permettent aux végétaux de se défendre contre les rayons ultraviolets. Certains d'entre eux jouent le rôle de phytoalexines comme les isoflavonols permettant de lutter contre les infections causées par les champignons, ou par les bactéries (Makoi et Ndakidemi, 2007).

Les pigments non azotés sont impliqués dans le processus de pollinisation : ils attirent l'attention des insectes pollinisateurs, ou servent au contraire à dessiner les formes pour éloigner les prédateurs. D'autre sont des inhibiteurs d'enzymes et interviennent dans la protection de l'homme vis-à-vis de certaines maladies (Bruneton, 1999).

Les polyphénols sont également utilisés dans l'industrie agro-alimentaire comme additif, colorant, arôme ou agent de conservation (Bruneton, 1999).

**Tableau 1 : Activité biologique de quelques composés phénoliques (Bruneton, 1999 et Hennebelle, 2006)**

<b>Composés phénoliques</b>	<b>Activité biologiques</b>	
<b>Acides phénoliques</b>	Acide caféique	Antibactérienne
	Acide salicylique	Antifongique, antioxydante.
	Tanins gallique	Effet stabilisante sur le collagène, Antioxydant,
<b>Tanins</b>	Pro-anthocyanidine	Anti-diarrhéique, effet antiseptique, effet vasoconstricteur.
	Lutéoline	Anti-tumorale, anti-carcinogène,
<b>Flavonoïdes</b>	Catéchine	Anti-inflammatoire,
	Hespéridine	Antioxydante, antiallergique,
	Quercetine	Antiulcéreuse, antivirale,
	Naringénine	Antimicrobienne, hypotenseur, diurétique.
	Dicoumarol	Anticoagulant, antioxydant,
<b>Coumarines</b>	protectrice vasculaire et anti-œdémateuse.	

### I-3.3. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont présents dans la plupart des plantes, ils entrent dans la composition de nombreux pigments végétaux et en particulier les pigments jaunes et orange (calendula) et aussi dans les pigments bleus. Ils sont particulièrement actifs dans le maintien d'une bonne circulation, certains flavonoïdes ont aussi des propriétés anti-inflammatoires et antivirales (Sebai et Boudali, 2012).

Les flavonoïdes constituent un groupe de plus de 6000 composés naturels du règne végétal (Ghedira, 2005), qui sont caractérisés par la présence d'une structure phénolique dans leur molécule, et même d'une structure flavone ce qui les distingue des autres polyphénols (Toufektsian *et al.*, 2008).

Aujourd'hui plus de 9000 flavonoïdes ont été répertoriés et il en reste des milliers d'autres à découvrir puisque le squelette des flavonoïdes (Fig. 2) peut être substitué par différents groupements comme des groupements hydroxy, méthoxy, méthyl, benzyl et isoprényl (Beecher, 2003 ; Williams et Grayer, 2004 ; Kueny-Stotz, 2008).

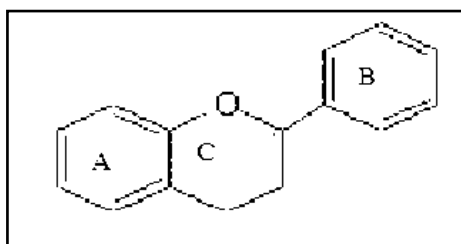


Figure 2 : Structure de base des flavonoïdes (Bruneton, 1999)

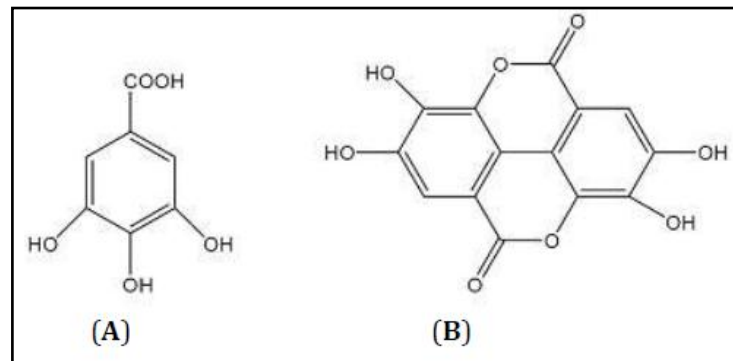
### I-3.4. Tanins

Les tanins sont une famille complexe de principes actifs qu'on trouve dans l'ensemble des végétaux, et dans toutes leurs parties (écorces, racines, feuilles, etc.). Ils ont la capacité de former des complexes avec des macromolécules (les protéines ...) et des liaisons entre les fibres de collagènes, d'où leur viennent la plupart de leurs propriétés (Paolini *et al.*, 2003).

Leur structure chimique est particulièrement variable, mais comporte toujours une partie poly-phénolique ; il existe deux catégories de tanins, d'origine biosynthétiques différentes :

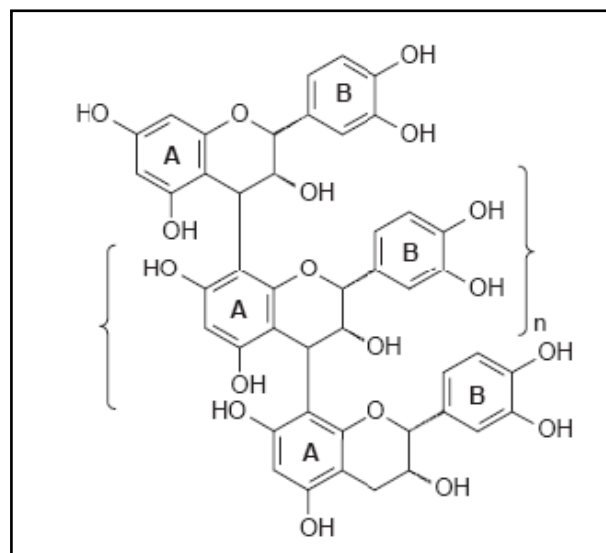
les tanins hydrolysables et les tanins condensés (Paolini *et al.*, 2003).

- **Les tanins hydrolysables** : Ce sont des esters d'oses et d'acides phénols (acide gallique ou ellagique) (Bruneton, 1999).



**Figure 3 : Structure chimique des acides gallique (A) et ellagique (B) (DJahra, 2014)**

- **Les tanins condensés** : ou tanins catéchiques ou proanthocyanidols : Ce sont des polymères flavanoliques, constitués d'unités de flavan-3-ols liées entre elles par des liaisons carbone- carbone le plus souvent C4-C8 ou C4-C6 tels la catéchine ou l'épi-catéchine.



**Figure 4 : Structure de base des tanins condensés (DJahra, 2014)**

#### I-4. Classification des plantes médicinales et aromatiques selon les effets

L'action de la phytothérapie sur l'organisme dépend de la composition des plantes. Depuis le XVIII<sup>e</sup> siècle, au cours duquel des savants ont commencé à extraire et à isoler les substances chimiques qu'elles contiennent, on considère les plantes et leurs effets en fonction de leurs principes actifs.

La recherche des principes actifs extraits des plantes est d'une importance capitale car elle a permis la mise au point de médicaments essentiels. La tubocurarine, le relaxant musculaire le plus puissant, est dérivée du curare (*Chondroëndron tomentosum*) et la

morphine, l'analgésique le plus puissant, est tirée du pavot à opium (*Papaver somniferum*). D'autres anesthésiants proviennent de plantes : la cocaïne, par exemple, est tirée du coca (*Erythroxylum coca*). Aujourd'hui, les plantes sont de plus, une des plantes médicinales les plus anciennes, favorise la circulation du sang. En plus, elles sont utilisées par l'industrie pharmaceutique. Il est difficile d'imaginer le monde sans la quinine (dérivée du genre *Cinchona*), qui est employée contre la malaria, sans la digoxine (du genre *Digitalis*), qui soigne le cœur, ou encore l'éphédrine (du genre *Ephedra*), que l'on retrouve dans de nombreuses prescriptions contre les rhumes. Ces trois plantes ainsi que beaucoup d'autres sont largement utilisées par la médecine classique (Iserin *et al.*, 2001).

#### I-4.1. L'efficacité des plantes entières

S'il est capital de maîtriser l'action des différents principes actifs pris isolément, la phytothérapie, à la différence de la médecine classique, recommande d'utiliser la plante entière, appelée aussi «*totum*» plutôt que des extraits obtenus en laboratoire. Etudier les pièces d'une montre et réussir à en identifier les parties essentielles ne permet pas de comprendre comment elle fonctionne, de même que disséquer une plante médicinale pour isoler ses principes actifs ne suffit pas pour expliquer comment elle agit. Une plante entière est plus efficace que la somme de ses composants.

Ainsi, des chercheurs ont démontré que les principes actifs de nombreux végétaux, tels ceux du ginkgo (*Cinkgo biloba*), agissent de manière complexe et combinée pour produire un effet thérapeutique global.

Les plantes contiennent des centaines, voire des milliers de substances chimiques actives. Souvent, déterminer en détail l'action d'une plante est très difficile, sinon impossible même si son effet médical est, en revanche, bien connu. L'étude pharmacologique des plantes entières indique qu'elles fonctionnent comme un puzzle incomplet. En outre, bien qu'il soit utile de connaître les principes actifs d'une plante, cette information peut être trompeuse : ainsi, la rhubarbe de Chine (*Rheum palmatum*), dont l'action irritante des dérivés anthracéniques sur la paroi intestinale stimule les selles, est fréquemment employée comme purgatif. Mais elle n'est efficace qu'à hautes doses. A petites doses, d'autres de ses constituants comme les tanins ont un effet plutôt astringent sur les muqueuses intestinales. La rhubarbe de Chine produit donc des effets contradictoires selon la quantité absorbée : elle est laxative à des doses modérées ou importantes, anti-diarrhéique à de faibles doses. Cet exemple démontre que l'expérience du praticien combinée à celle du patient est souvent le guide le plus

sûr pour connaître l'effet thérapeutique des plantes entières ; ensuite, que la valeur d'une plante médicinale ne peut être limitée à la liste de ses principes actifs (Iserin *et al.*, 2001).

#### **I-4.2. L'effet thérapeutique**

#### **I-4.3. Les plantes et les systèmes de régulation**

La technique la plus ancienne utilisée pour répertorier les plantes médicinales a consisté à identifier la nature et le degré d'efficacité de leurs actions, selon qu'elles ont des propriétés sédatives, antiseptiques ou encore diurétiques. Souvent, les plantes ont une action plus efficace sur une certaine partie du corps que sur une autre (Iserin *et al.*, 2001).

#### **I-4.4. La peau**

Les antiseptiques, tels que le melaleuca (*Melaleuca altemifolia*), désinfectent la peau ; les émoullients, ou adoucissants, tels que le souci (*Calendula officinalis*) calment les démangeaisons ; les astringents, comme l'hamamélis (*Hamamelis virginiana*), tendent la peau ; les dépuratifs, tels que la bardane (*Arctium lappa*) facilitent l'évacuation des déchets (Iserin *et al.*, 2001).

#### **I-4.5. Le système immunitaire**

Les immunostimulants, comme l'échinacée (*Echmacea*) ou le lapacho (Tabebma), aident le système immunitaire à prévenir les infections (Iserin *et al.*, 2001).

#### **I-4.6. Le système respiratoire**

Les antibiotiques, tels que l'ail (*Allium sativum*), améliorent la capacité de résistance des poumons ; les expectorants stimulent l'évacuation des mucosités ; les émoullients, comme la guimauve (*Althaea officinalis*), soulagent les muqueuses (Iserin *et al.*, 2001).

#### **I-4.7. Les glandes endocrines**

Les adaptogènes, tels que le ginseng (*Panax ginseng*), jouent un rôle de fortifiant. Des plantes comme le gattiher (*Vitex agnus-castus*) stimulent la production hormonale, en particulier sexuelle, d'autres comme l'actée à grappes (*Cimifuga racemosa*), régularisent les règles (Iserin *et al.*, 2001).

#### **I-4.8. Le système urinaire**

Les antiseptiques, tels que le buchu (*Barosma betulina*), désinfectent les conduits urinaires ; les astringents, comme la prêle (*Equisetum arvense*), les tendent et les protègent. Les diurétiques, comme le maïs (*Zea mays*), stimulent la production d'urine (Iserin *et al.*, 2001).

#### I-4.9. Système musculaire et squelette

Les analgésiques, tels que le jasmin sauvage (*Gelsemium sempervirens*), soulagent la douleur aux articulations. De même, les anti-inflammatoires, comme le saule blanc (*Salix alba*), réduisent les gonflements ; les antispasmodiques, tels que le quinquina (genre *Cinchona*), relâchent la tension musculaire (Iserin *et al.*, 2001).

#### I-4.10. Le système nerveux

Les nervins, comme le romarin (*Rosmarinus officinalis*), renforcent le système nerveux ; les relaxants, tels que la mélisse (*Melissa officianahs*); les sédatifs, comme le gui (*Viscum album*), modèrent l'activité nerveuse ; les stimulants, comme le kola (*Cola acuminata*) ; les toniques, comme l'avoine (*Avena sauva*), contribuent au bon fonctionnement du système nerveux et augmentent le tonus (Iserin *et al.*, 2001).

#### I-4.11. La circulation et le cœur

Les cardiotoniques, comme la sauge (*Salvia miltwrrhtza*), ont des actions variables ; certains ralentissent le rythme du cœur, alors que d'autres l'accélèrent ; les stimulants circulatoires, tels que le piment de Cayenne (*Capsicum frutescens*), améliorent la circulation du sang ; les diaphorétiques, comme le chrysanthème (*Chrysanthemum spp.*), provoquent la transpiration et abaissent la tension artérielle (Iserin *et al.*, 2001.)

#### I-4.12. Les organes digestifs

- Les antiseptiques, tels que le gingembre (*Zingiber officinalis*) préviennent les infections. ;
  - Les astringents, bistorte en tête (*Polygonum btstorta*), renforcent la paroi des intestins ;
  - Les amers, à l'instar de l'absinthe (*Artemisia absinthum*), stimulent les sécrétions intestinales ;
  - Les carminatifs, comme l'acore vrai (*Acorus calamus*), soulagent des douleurs lancinantes ;
  - Les cholagogues, comme l'arbre de neige (*Chionantus virginicus*), améliorent le flux de la bile ;
  - Les cholérétiques, tels que l'artichaut (*Cynara scolymus*), stimulent la sécrétion de la bile ;
  - Les hépatiques, comme le buplèvre (*Bupleurum chinense*), protègent le foie ;
  - Les laxatifs, comme le séné (*Cassia sema*), stimulent le transit intestinal ;
  - Les stomachiques, comme la cardamome (*Elettana cardamomun*), stimulent l'estomac
- (Iserin *et al.*, 2001)

## *Chapitre II*

### *Les huiles essentielles*

## II-1. Historique

Les huiles essentielles sont connues depuis des millénaires pour leur action bénéfique sur l'homme. Quatre mille ans avant J.C, les égyptiens utilisaient déjà les huiles comme parfums dans les momifications des corps. Il faudra attendre le XVI<sup>ème</sup> siècle pour voir apparaître la généralisation de la production et de l'utilisation des huiles essentielles, grâce aux travaux sur les huiles essentielles de romarin, de bois de genévrier, de lavande (Lamaty *et al.*, 1997).

Selon Ntezurubanza (2000), l'histoire de l'aromathérapie, qui est celle des huiles essentielles, peut se résumer en quatre époques suivantes :

- L'époque au cours de laquelle étaient utilisées des plantes aromatiques telles quelles ou sous forme d'infusion ou de décoction ;
- Celle dans laquelle les plantes aromatiques étaient brûlées ou mises à infuser ou à macérer dans une huile végétale. A cette époque, intervient la notion d'activité liée à la substance odorante.
- La troisième époque correspond à la recherche de l'extraction de cette substance odorante. Apparaît alors le concept d'huile essentielle qui aboutit à la création et au développement de la distillation ;
- Enfin, la dernière qui est la période moderne dans laquelle la connaissance des composants des huiles essentielles intervient et explique les effets physiques, chimiques, biochimiques, physiologiques, voire électroniques des arômes végétales.

Enfin, la valeur médicinale des plantes est de plus en plus prouvée scientifiquement ; c'est ce qui constitue d'ailleurs un argument de taille pour leur usage en médecine.

La méthode d'obtention des huiles essentielles intervient de façon déterminante dans le rendement en huile et dans la composition de cette dernière.

## II-2. Principes généraux

Plusieurs définitions disponibles d'une huile essentielle convergent sur le fait que les huiles essentielles, communément appelées « essence », sont des produits de composition généralement assez complexe, renfermant les principes odorants volatils contenus dans les végétaux. Elles diffèrent des huiles fixes (huile d'olive,...) et des graisses végétales par leur caractère volatile ainsi que leur composition (Balz, 1986 et Bruneton, 1999). Parmi les espèces végétales (800 000 à 1 500 000 selon les botanistes) 10 % seulement sont dites « aromatiques » (Pibiri, 2006).

Selon la définition de la norme française AFNOR NF T 75-006, l'huile essentielle est «un produit obtenu à partir d'une matière première végétal soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épiderme des *Citrus*, soit par la distillation sèche» (Pibiri, 2006).

Les essences peuvent être localisées dans des cellules sécrétrices isolées (cas des lauracées et magnoliacées), mais on les trouve le plus souvent dans des organes sécréteurs spécialement différenciés et variables suivant les familles botaniques. On peut citer, par exemple, les poils sécréteurs des lamiales, les poches sécrétrices des rutacées et les canaux sécréteurs des conifères (Endrias, 2006).

Liquides à température ambiante, les huiles essentielles sont volatiles, ce qui les différencie des huiles fixes. Elles ne sont que très rarement colorées. Leur densité est en général inférieure à celle de l'eau. Elles ont un indice de réfraction élevé et la plupart dévie la lumière polarisée. Solubles dans les solvants organiques usuels, elles sont liposolubles (Bruneton, 2008).

### **II-2.1. Répartition, localisation**

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs, dont 10% contiennent des principes aromatiques ou essences. Les genres capables d'élaborer les constituants qui composent les huiles essentielles sont repartis dans un nombre limité de familles : Myrtacées, Lauracées, Rutacées, Lamiales, Astéracées, Ombellifères, Cupressacées, Zingibéracées, Pipéracées, ...etc.

Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux (Bruneton, 1993) :

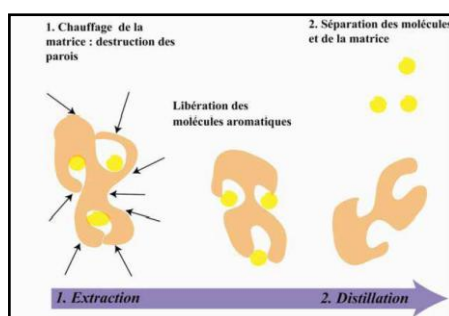
- Dans les feuilles comme le basilic ;
- Dans les fleurs comme la rose ;
- Dans les fruits comme le citron ;
- Dans les graines comme la coriandre ;
- Dans l'écorce comme la cannelle ;
- Dans les racines pour certaines plantes.

Dans le cas le plus simple, les huiles essentielles se forment dans le cytosol des cellules ou, soit elles se rassemblent en gouttelettes comme la plupart des substances lipophiles, soit elles s'accumulent dans les vacuoles des cellules épidermiques ou des cellules du mésophyll de nombreux pétales. D'autres structures histologiques spécialisées souvent localisées sur ou à

proximité de la surface de la plante sont impliquées dans l'accumulation des huiles volatiles. Ces structures regroupent les poils et canaux secteurs et les poches sécrétrices (Bruneton, 1999).

## II-2.2 Extraction

L'analyse des huiles essentielles émises par une plante se déroule en trois étapes ; extraction des composés aromatiques, analyse de l'extrait et traitement des résultats pour identifier et quantifier les composés. Les composés organiques volatils sont généralement présents dans les matrices végétales à de très faibles concentrations, et sont de polarités, solubilités, volatilités et stabilités très variables. Les molécules odorantes sont constituées d'un squelette hydrocarboné qui peut être linéaires, cyclique ou aromatique. Presque toutes les fonctions chimiques portées par ces chaînes sont représentées : alcools, composés carbonylés (principalement les aldéhydes), esters, éthers, phénols et enfin dérivés soufrés et hétérocycles (Pollien, 1998).



**Figure 5 : Les étapes de l'extraction des huiles essentielles (Lucc, 2005)**

Le choix de la technique dépend principalement de la matière première: son état originel et ses caractéristiques, sa nature proprement dite. Le rendement « HE/matière première végétale » peut être extrêmement variable selon les plantes (Desmares *et al.*, 2008).

### II-2.2.1. L'hydrodistillation

Le principe de l'hydrodistillation est celui de la distillation des mélanges binaires non miscibles. Elle consiste à immerger la biomasse végétale dans un alambic rempli d'eau, que l'on porte ensuite à ébullition. La vapeur d'eau et l'essence libérée par le matériel végétal forment un mélange non miscible. Les composants d'un tel mélange se comportent comme si chacun était tout seul à la température du mélange, c'est-à-dire que la pression partielle de la vapeur d'un composant est égale à la pression de vapeur de corps pur.

Cette méthode est simple dans son principe qui ne nécessite pas un appareillage coûteux. Cependant, à cause de l'eau, de l'acidité, de la température du milieu, il peut se produire des réactions d'hydrolyse, de réarrangement, de racémisation, d'oxydation, d'isomérisation, etc. qui peuvent très sensiblement conduire à une dénaturation (Bruneton, 1993).

### **II-2.2.2. Entraînement par la vapeur**

Les méthodes d'extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau sont basées sur le fait que la plupart des composés volatils contenus dans les végétaux sont entraînés par la vapeur d'eau, du fait de leur point d'ébullition relativement bas et de leur caractère hydrophobe. Sous l'action de la vapeur d'eau introduite ou formée dans l'extracteur, l'essence se libère du tissu végétal et est entraîné par la vapeur d'eau. Le mélange de vapeur est condensé sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par décantation (AFNOR, 2000). En fonction de sa densité, elle peut être recueillie à deux niveaux :

- Niveau supérieur du distillat, si elle est plus légère que l'eau, ce qui est fréquent ;
- Niveau inférieur, si elle est plus dense que l'eau.

Les principales variantes de l'extraction par l'entraînement à la vapeur d'eau sont l'hydro distillation, la distillation à vapeur saturée et l'hydro diffusion (Teuscher *et al.*, 2005).

La production des huiles essentielles à partir des plantes aromatiques par entraînement à la vapeur d'eau, se ferait donc en deux étapes :

- La diffusion de l'huile essentielle de l'intérieur des tissus vers la surface du matériel végétal;
- L'évaporation et entraînement à la vapeur d'eau.

La diffusion est un processus relativement long. Les composés volatils constitutifs de l'huile essentielle, sont retenus par la fraction lipidique de la plante, en particulier les hydrocarbures, ce qui ralentit leur entraînement par la vapeur d'eau (Koedan *et al.*, 1979). C'est cette étape qui détermine la durée de la distillation.

Le matériel végétal est soumis à l'action d'un courant de vapeur sans macération préalable, qui traverse les végétaux et emporte avec elle les molécules aromatiques. La vapeur chargée de l'arôme se condense alors en traversant une cuve réfrigérante pour être récupérée en phase liquide dans un vase florentin (ou essencier) où l'huile essentielle est séparée de l'eau par décantation .

### II-2.2.3. Extraction par solvants

La méthode de cette extraction est basée sur le fait que les essences aromatiques sont solubles dans la plupart des solvants organiques. L'extraction se fait dans des extracteurs de construction variée, en continu, semi-continu ou discontinu. Le procédé consiste à épuiser le matériel végétal par un solvant à bas point d'ébullition qui par la suite, sera éliminé par distillation sous pression réduite. L'évaporation du solvant donne un mélange odorant de consistance pâteuse dont l'huile est extraite par l'alcool. L'extraction par les solvants est très coûteuse à cause du prix de l'équipement et de la grande consommation des solvants, un autre désavantage de cette extraction par les solvants est leur manque de sélectivité, de ce fait de nombreuses substances lipophiles (huiles fixes, phospholipides, caroténoïdes, cires, coumarines, etc.) peuvent se retrouver dans le mélange pâteux et imposer une purification ultérieure (Shellie *et al.*, 2004).

Le choix du solvant est influencé par des paramètres techniques et économiques. Le pouvoir du solvant à l'égard des constituants odorants (la stabilité, inertie chimique, température d'ébullition) pour permettre son élimination totale, pas trop faible pour éviter les pertes et donc une élévation des coûts, sécurité de manipulation. Les solvants les plus utilisés sous réserve de législations restrictives particulières. Ce sont les hydrocarbures aliphatiques : éther de pétrole, hexane, propane ou butane liquides, après l'extraction le solvant est distillé en fin de l'opération (Shellie *et al.*, 2004).

### II-3. Traitement des essences

Il est parfois nécessaire de décolorer, neutraliser et rectifier les essences obtenues.

La rectification, à sec ou par un jet de vapeur d'eau sous pression réduite, permet d'éliminer les produits malodorants ou irritants et d'obtenir ainsi un produit final de « profil » déterminé. La déterpénation a pour but d'éliminer les carbures terpéniques. Elle n'est qu'un cas particulier de la rectification, mais peut tout aussi bien être réalisée par d'autres procédés : par exemple extraction sélective des composés oxygénés de l'essence par des alcools dilués puis distillation. L'utilisation de techniques chromatographiques, en particulier la chromatographie d'exclusion en gel, autorise une bonne séparation des essences et des corps lipophiles non volatils (Catier *et al.*, 2007).

## II-4. La composition chimique des huiles essentielles

L'étude de la composition chimique des huiles essentielles révèle qu'il s'agit de mélanges complexes et variables de constituants appartenant exclusivement à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes ; les terpénoïdes et les composés aromatiques dérivés du phenyl- propanes (Gildo, 2006).

### II-4.1. Les terpénoïdes

Le terme terpène rappelle la toute première extraction de ce type de composé dans l'essence de térébenthine. Dans le cas des huiles essentielles, seuls les terpènes les plus volatils, c'est-à-dire, ceux dont la masse moléculaire n'est pas élevée sont observés. Ils répondent dans la plupart des cas à la formule générale  $(C_5H_8)_n$ . Les constituants des huiles essentielles sont très variés. On y trouve en plus de terpènes, des hydrocarbures, des esters, des lactones, des aldéhydes, des alcools, des acides, des acétones, des phénols, des oxydes, etc... (Seenivasan, 2006).

#### II-4.1.1. Les mono-terpènes

Les carbures sont presque toujours présents. Ils peuvent être acycliques (terpienne, cymène) ou bi-cyclique (pinène, camphène, sabinène). Ils constituent parfois plus de 90% de l'huile essentielle (Citrus, térébenthines) (Bruneton, 2008).

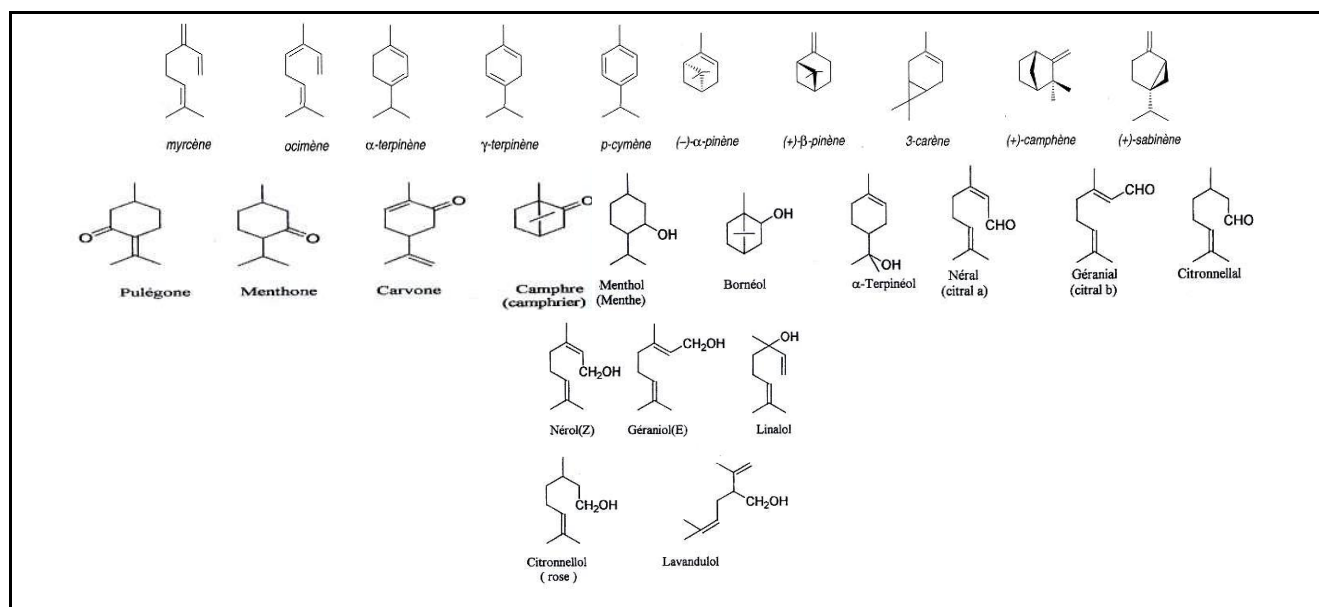
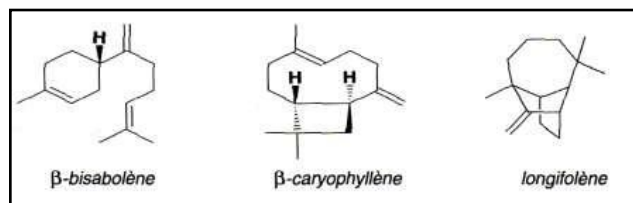


Figure 6 : Structures chimiques de quelques exemples mono-terpènes rencontrés dans les huiles essentielles (DJahra, 2014)

### II-4.1.2. Sesquiterpènes

Les sesquiterpènes sont des structures très diverses ( $C_{15}$ ) : les carbures, les alcools et les cétones sont les plus fréquents (Bruneton, 2008).



**Figure 7 : Structures chimiques de quelques exemples de sesquiterpènes rencontrés dans les huiles essentielles (DJahra, 2014)**

### II-4.2. Les composés aromatiques

Contrairement aux dérivés terpéniques, les composés aromatiques sont moins fréquents dans les huiles essentielles. Très souvent, il s'agit d'allyle et de propénylphénol. Ces composés aromatiques constituent un ensemble important car ils sont généralement responsables des caractères organoleptiques des huiles essentielles. Nous pouvons citer en exemple l'eugénol qui est responsable de l'odeur du clou de girofle (Kunle et okogum, 2003).

### II-4.3. Les composés d'origines diverses

Compte tenu de leur mode d'extraction, les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entraînés lors de l'hydrodistillation. Ces produits peuvent être azotés ou soufrés (Inouye et Abe, 2003) :

- **Alcools** : acyclique (géraniol, linalol, citronellol), monocycliques (menthol,  $\alpha$ -terpinéol, terpin-1-én-4-ol), bi-cycliques (bornéol, fenchol) ;
- **Aldéhydes** : le plus souvent acycliques (géraniol, néral, citronellal) ;
- **Cétones** : acycliques (tagétone), monocycliques (menthone, isomenthone, carvone, pulégone), bi-cycliques (camphre, fenchone, thyonés) ;
- **Phénols** : thymol, carvacrol...
- **Esters** : acycliques (acétate ou propionates de linalyle, acétate de citronellule), monocycliques (acétate de menthyle, acétate d' $\alpha$ -terpinyle), bi-cycliques (acétate d'isobornyle) ;
- **Acides** : acide gérannique...

- **Oxydes** : 1,8-cinéole...
- **Phénylpropanoïdes** ; eugénol.
- **Terpènes** : limonène, para-cymène...
- **Autres** : éthers, composés soufrés, composés azotés, sesquiterpènes...

#### II-4.4. Les chémotypes

La connaissance des chémotypes d'une huile essentielle et leur comportement sont fondamentaux car ils permettent d'envisager l'activité pharmacologique, de prévoir aussi la pharmacocinétique et la biodisponibilité. Pour une même espèce botanique, la composition chimique de l'huile essentielle n'est pas immuable. Les huiles essentielles sont élaborées par les plantes aromatiques au sein des cellules sécrétrices. Leur élaboration est totalement tributaire du rayonnement solaire en l'absence duquel le rendement en produits aromatiques et leur nature sont affectés. En sa présence, et tout particulièrement, en fonction de la présence de tel ou tel rayonnement, les types de composants pourront varier considérablement au sein d'une même espèce. Par exemple, le basilic cultivé à l'abri de la lumière en contient 74% (Franchomme et Penoel, 1990). Cette variabilité peut être influencée également par la composition du sol et la position géographique ; le lippiamutiflora récoltée au Togo a révélé les chémotypes à cristal, à thymol (acétate de thymyle), à para-cymène, à 1-8 cinéole (Inouye et Abe, 2003).

#### II-5. Rôle des composés terpéniques pour la plante

Les composés terpéniques sont induits et émis par la plante en réponse à des facteurs biotiques et abiotiques internes (génétique et biochimique) et externes (écologique) (Penuelas *et al.*, 1995). Ils constituent un système de défense de la plante particulièrement contre les insectes herbivores (Kessler et Baldwin, 2001 ; Grodnitzky et Coats, 2002). L'attaque par ces insectes va conduire à une augmentation de la libération des substances volatiles telles que le linalool et le farnesène par les feuilles de maïs, et/ou à la synthèse de nouveaux composés (E- $\beta$ - ocimène par les feuilles de concombre) (Paré et Tumlinson, 1999 ; Birkett *et al.*, 2000 ; Neveu *et al.*, 2002 ; Pichersky et Gershenzon, 2002 ; Bouwmeester *et al.*, 2003). La synthèse des terpènes à la suite d'une attaque par les insectes herbivores est provoquée par des éliciteurs, particulièrement la volicitine, présents dans la salive de ces insectes (Bonnemain et Chollet, 2003 ; Holopainen, 2004).

Les composés libérés vont inhiber la croissance des larves et attirer les prédateurs et les parasitoïdes des herbivores. En effet, les composés libérés, spécifiques à l'insecte agresseur, vont se

comporter comme des signaux guidant les parasites vers l'agresseur, d'autant plus que la libération de ces composés peut se faire uniquement sur la partie de la plante attaquée (Bouwmeester *et al.*, 2003). Une plante peut ainsi indirectement réduire de plus de 90% les attaques d'insectes herbivores (Kessler et Baldwin, 2001 ; Holopainen, 2004). Sur une plante, les molécules volatiles libérées par les feuilles attaquées peuvent être différentes de celles libérées par les feuilles saines (Paré et Tumlinson, 1999).

Les composés terpéniques ne servent pas uniquement à protéger la plante, certains composés tels que le linalool ou l'eugénol émis par les fleurs attirent les insectes pollinisateurs (Pichersky et Gershenzon, 2002 ; Holopainen, 2004 ; Gerhenson et Dudareva, 2007).

## **II-6. La conservation des huiles essentielles**

La plupart des molécules constitutives des huiles essentielles sont insaturées, ce qui les rend instables et sensibles à l'altération. Selon les conditions de conservation, les essences naturelles peuvent être sujettes à des réactions secondaires telles que: le réarrangement moléculaire, la polymérisation, l'oxydation, la fermentation, l'hydrolyse, etc. Il est possible de limiter ces dégradations en prenant certaines précautions (Bruneton, 1993) :

- L'utilisation des flacons de faible volume en aluminium, en acier inoxydable ou en verre brun, entièrement remplis et fermés de façon étanche;
- Le stockage à basse température;
- La conservation sous atmosphère d'azote;
- L'adjonction d'antioxydants, etc.

## **II-7. Application des huiles essentielles**

Outre l'emploi strictement médical des huiles essentielles, celles-ci sont utilisées dans de nombreux domaines tels que la parfumerie, la cosmétologie, l'agro-alimentaire et l'industrie chimique. Deux industries se partagent ce marché mondial florissant : il s'agit de l'industrie agroalimentaire et la parfumerie. Les huiles essentielles interviennent dans la fabrication :

- **Des produits alimentaires** : jus de fruits, crèmes glacées, bonbons, etc. ;
- **De tabac pour cigarettes** ;
- **Des produits d'hygiène et de beauté** ;
- **Des parfums, la désinfection des locaux** (elles sont antiseptiques) ;
- **Des colles et vernis dans l'industrie chimique.**

## II-9. Effet insecticide des huiles essentielles

La mise en évidence du potentiel insecticide des huiles essentielles est un moyen non seulement de comprendre l'utilisation traditionnelle des plantes pour la protection des denrées mais aussi d'offrir des possibilités nouvelles par la mise en œuvre d'extraits de plantes. Desphande et Tipnis (1977) et Shaaya *et al.* (1997) ont montré la toxicité de certaines huiles essentielles dont *Ocimum basilicum* sur *Sitophilus oryzae* et sur *Tribolium castaneum*.

D'autres travaux récents (Sékou Moussa *et al.*, 2000 ; Ngassoum *et al.*, 2003 ; Sékou Moussa *et al.*, 2001 ; Ngamo *et al.*, 2001 ; Kim *et al.*, 2003 ; Lee, 2002) mettent également en évidence la toxicité des huiles essentielles. Ces travaux révèlent que l'effet des huiles sur les insectes n'est pas systématique car on observe des réponses différentes suivant l'espèce d'insecte et d'huile essentielle. Ainsi d'après Shaaya *et al.* (1997) la concentration létale (LC<sub>50</sub>) de *Tribolium castaneum* (LC<sub>50</sub>=11,1 µL.L<sup>-1</sup>) est plus résistante que *Sitophilus oryzae* (LC<sub>50</sub>=7,5 µL.L<sup>-1</sup>) ou *Rizoperta dominica* (LC<sub>50</sub>=9,6 µL.L<sup>-1</sup>) à l'effet fumigeant de l'huile essentielle de menthe, alors qu'il est deux fois plus sensible à l'huile essentielle d'*Eucalyptus nicholii* que *S. oryzae* (Lee, 2002).

D'autres travaux ont montré l'effet régulateur de croissance des huiles essentielles. On peut parler de la sensibilité des larves de *T. castaneum* à l'huile essentielle de *Xylopiya aethiopica* et *Ocimum gratissimum* qui diminue avec l'âge (Kouninki *et al.*, 2005 ; Douka, 2002). Le développement des insectes est également freiné par la toxicité inhalatrice des huiles sur les adultes. Sékou *et al.* (2001) ont fait une étude sur l'action des huiles essentielles de *O. basilicum* et *O. gratissimum* et montrent que les mâles de *Callosobruchus maculatus* sont plus sensibles que les femelles à ces huiles. Cette vulnérabilité des mâles face aux huiles essentielles semble générale chez les insectes (Regnault-Roger, 2002). Par ailleurs, ils n'observent pas d'effet significatif des huiles essentielles d'*O. basilicum* et *O. gratissimum* sur la germination des grains.

Un autre moyen d'évaluer l'activité des huiles essentielles est de travailler non pas avec le mélange complexe qu'elles représentent, mais d'étudier l'action spécifique des principaux composés des huiles essentielles. Plusieurs monoterpènes (eucalyptol, limonène, eugénol, isoeugénol, méthyleugénol, camphre, acétate de bornyle, myrcène, α-phellandrène, α-pinène, sabinène, terpinolène) ont été testés par Obeng-Ofori *et al.* (1996), Obeng-Ofori et Reichmuth (1997), Prates *et al.* (1998), Huang *et al.* (2002), Park *et al.* (2003).

Tous ces auteurs arrivent à la même conclusion sur la toxicité des composés des huiles essentielles : des taux de mortalité de 100% sont atteints et l'inhibition totale de ponte et d'émergence des insectes sur les grains traités est conservée. Cependant, l'action des composés est certes puissante mais de courte durée. Ainsi, Obeng-Ofori *et al.* (1996), prolongent l'activité de l'eugénol et de l'eucalyptol sur le maïs de 24h à 90 jours, en les combinant aux huiles végétales.

L'efficacité des huiles essentielles en tant qu'insecticides est la préoccupation de nombreux chercheurs. Les travaux effectués concourent à mettre en évidence les différents éléments pouvant accroître l'action des huiles essentielles contre les insectes ravageurs. Ces études constituent une étape indispensable pour le développement de l'utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre les ravageurs de grains. Pour tous ces auteurs, les huiles essentielles sont des substances fumigènes dotées de réelles potentialités insecticides à valoriser.

### **II-9.1. 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 (World Meteorological Organization, 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 (Gummer, 1989). L'utilisation des insecticides chimiques conduit aussi à un désordre éco-toxicologique qui est accompagné d'une augmentation spectaculaire du nombre d'espèces devenues résistantes aux insecticides chimiques (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-10. Rôle écologique des huiles essentielles**

Les huiles essentielles jouent un rôle écologique dans les interactions végétales, végétale-animales et pourraient même constituer des supports de communication par des transferts de messages biologiques sélectifs. En effet, elles contribuent à l'équilibre des écosystèmes, attirent les abeilles et des insectes responsables de la pollinisation, protègent les végétaux contre les herbivores et les rongeurs, possèdent des propriétés antifongiques, antibactériennes, allopathiques dans les régions arides et peuvent servir de solvants bioactifs des composés lipophiles (Elhaib, 2011).

## *Chapitre III*

### *Les plantes médicinales aromatiques étudiées*

### III-1. *Mentha piperita* L.

#### III-1.1. Généralité

##### III-1.1.1. La famille de lamiacées

La famille des Lamiacées est l'une des plus répandues dans le règne végétal (Naghibi *et al.*, 2000). Elle est l'une des familles les plus utilisées comme source mondiale d'épices et d'extraits à fort pouvoir antibactérien, antifongique, anti-inflammatoire et antioxydant (Gherman *et al.*, 2000 ; Bouhdid *et al.*, 2006 ; Hilan *et al.*, 2006). Il est bien connu que les huiles essentielles extraites des plantes de cette famille possèdent des propriétés pharmacologiques tant sur le plan humain qu'industriel. De nombreuses propriétés leurs sont conférées: anti-infectieuses, antispasmodiques, antalgiques, toniques, digestives, cicatrisantes...Les huiles essentielles par la diversité des constituants qui les composent, sont des substances très actives (Bakkali, 2008 ; Hilan *et al.*, 2006).

Cette famille comprend près de 6700 espèces regroupées dans environ 250 genres (Miller, 2006). La région méditerranéenne a été le centre principal pour la domestication et culture de Labiatae (Naghibi *et al.*, 2005). Les genres les plus cités dans la littérature sont : *Salvia officinalis* (Fellah, 2006), *Mentha spicata* (Choudhury, 2006), *Origanum vulgare* (Dimitrijevic, 2007), *Rosmarinus officinalis* (Gachkar, 2007 ; Marzouk, 2006), *Ocimum basilicum* (Lee, 2005).

Un très grand nombre de genres de la famille des Lamiaceae (Labiatae) sont des sources riches en terpénoïdes, flavonoïdes et iridiodés glycolyses et composés phénoliques (Naghibi *et al.*, 2005). La plante est couverte de poils glanduleux renfermant une huile essentielle.

##### III-1.1.1.2. Le genre *Mentha*



**Figure 8 : La menthe (Benayad, 2008)**

Les menthes étaient utilisées dans des buts thérapeutiques au 16<sup>ème</sup> et 17<sup>ème</sup> siècle, actuellement elles sont employées dans plusieurs domaines.

Menthe est la francisation du latin *Mentha*, on le retrouve également chez les Romains « *Mentha* » et les Grecs « *Mentha* ou *Minthê* ». Ce nom provient de celui d'une nymphe que Proserpine métamorphosa en plante (François, 2012). Le nom grec de la plante signifie « dont l'odeur est douce » (Delachaux et Niestlés, 2013).

La Menthe fait partie de ce grand cortège de substances, ce sont des plantes vivaces, herbacées indigènes et très odorantes appartenant à la famille des *Lamiaceae* (Jahandiez et Maire, 1932).

*Mentha* est un genre qui comprend 20 espèces répandues dans le monde (Chalchat *et al.*, 2000).

L'huile essentielle de la menthe est produite en grande échelle partout dans le monde. L'Inde est le premier producteur, consommateur et exportateur d'huile de la Menthe dans le monde avec environ 14 000 métrique de la production de tonnes (suivie par la Chine et le Brésil) en 2003 de l'huile total de Menthe quelles que soient les espèces (Menthol Report- NMCE).

Elle peut contenir jusqu'à 200 composants. Le menthol et la menthone sont les constituants majeurs (70%) des huiles essentielles de la majorité des menthes (Lawrence, 1972). Ces composés sont exploités comme matière première dans l'industrie pharmaceutique, cosmétique et alimentaire (Encyclopaedia Britannica, 1965).

La principale caractéristique de la menthe est : l'odeur caractéristique qui se dégage par simple touché (Benayed, 2008). Parmi toutes les labiées, les Menthes se reconnaissent, en plus de leur odeur spéciale, à leurs fleurs très petites, à leurs corolles presque régulières à quatre lobes presque égaux et leurs quatre étamines également presque égales (Benayad, 2008).

Sur le plan des principes chimiques, la plupart des espèces de Menthe doivent leur odeur et activité à leurs huiles essentielles ou essences de menthe (Idrissi, 1982). Ces essences très odoriférantes ont un intérêt industriel important. Elles sont souvent extraites des plantes de la race cultivée avec de bons rendements.

Différents documents sur les plantes rapportent la présence des espèces de menthe dont trois sont cultivées :

- 1) *M. spicata* L. = *M. viridis* L.,
- 2) *M. piperita*, (L.) Hude
- 3) *M. pulegium* L.,

Et six espèces spontanées :

- 1) *M. aquatica* L.,
- 2) *M. cervina* L.,
- 3) *M. gattefossei* Maire,
- 4) *M. longifolia* (L.) Huds.= *M. sylvestris* L.,
- 5) *M. niliaca* Jacq,
- 6) *M. suaveolens* Ehrh.

Ce sont toutes des plantes vivaces herbacées de la famille des Labiées. Elles sont en général des plantes alimentaires, aromatiques et médicinales : rafraîchissantes, toniques, anesthésiques, antiseptiques, antispasmodiques, antalgiques, fébrifuges, bactéricides, etc.... De même, elles éloignent les pucerons, et sont donc utiles pour protéger d'autres cultures. En usage externe, les feuilles de menthe soulagent des piqûres d'insectes : frotter quelques feuilles de menthe fraîche sur la piqûre de guêpe par exemple (Mossaddak, 1995).

La menthe poivrée (*Mentha piperita*), est appelée aussi la menthe anglaise. C'est un hybride stérile, issu du croisement entre *Mentha aquatica* et *Mentha viridis*. Les études ont montré que la menthe poivrée est riche en linalol (53% des huiles essentielles), acétate de linalyle (15%), etc. (Mossaddak, 1995).

### III-1.2. La Menthe poivrée



**Figure 9 : Les feuilles de *Mentha piperita* (Originale, 2016)**

C'est une plante vivace qui fait partie de la famille des Labiées, et du groupe systématique dicotylédones. La menthe poivrée (*Mentha piperita*) est une plante communément cultivée en Europe et en Amérique du Nord. L'huile et les feuilles séchées sont employées à des fins

médicinales. La menthe poivrée sert au traitement de la nausée, de la diarrhée et du syndrome du côlon irritable. Elle est souvent combinée à d'autres substances végétales employées pour le traitement des problèmes digestifs. Décrits pour la première fois en 1753 par Carolus Linnaeus (Foster , 1996).

### III-1.2.1. Classification de la menthe poivrée

Selon Benayad (2008), la classification de la menthe est comme suit :

**Règne** (Royaume) : Plantae

**Division** : Magnoliophyta

**Classe** : Magnoliopsida

**Ordre** : Lamiales

**Famille** : Lamiaceae

**Genre** : *Mentha*

### III-1.2.2. Description botanique de la menthe poivrée

Il s'agit d'une plante vivace à rhizome long, rampant, traçant, chevelu. La tige, de 50 à 80 centimètres, dressée ou ascendante, se divise en rameaux opposés. Ses feuilles (Les feuilles étant la partie la plus importante à partir de laquelle l'huile est extraite) (*Mentha piperita* folium- WHO Herbal Monograph Scribd) mesurent de 4 à 10 cm de long, elles sont ovales, opposées, courtement pétiolées, lancéolées, aiguës, dentées, sont d'un très beau vert et se teignent de nuances rougeâtres au soleil et de rouge cuivré à l'ombre, elles sont recouvertes de gros poils sécréteurs arrondis dans lesquels s'accumulent les substances volatiles odorantes (Benayad, 2008 ; Idrissi, 1982).



**Figure 10 : La menthe poivrée (Benayad, 2008)**

Les fleurs, violacées, forment des épis très courts, ovoïdes, à l'extrémité des rameaux. Le fruit, divisé en quatre parties, est entouré d'un calice persistant. Son odeur est puissante, sa saveur piquante et rafraîchissante (Benayad, 2008 ; Jahandiez et Maire, 1932).

### III-1.2.3. Culture

On cultive la menthe poivrée en Europe, en Asie, en Afrique du Nord et en Amérique du Nord. On plante, en général, la menthe poivrée en mars, avril. On peut la bouturer en mars, juillet et août. On la récolte en mai, juin, juillet, août, septembre et octobre (Quillet, 1964).

La menthe poivrée généralement prospère à l'ombre et augmente rapidement par les rhizomes souterrains. Elle a besoin d'un bon approvisionnement en eau, et est idéal pour planter en partie-soleil pour ombrager des secteurs. Elle requiert un pH entre 6 et 7.

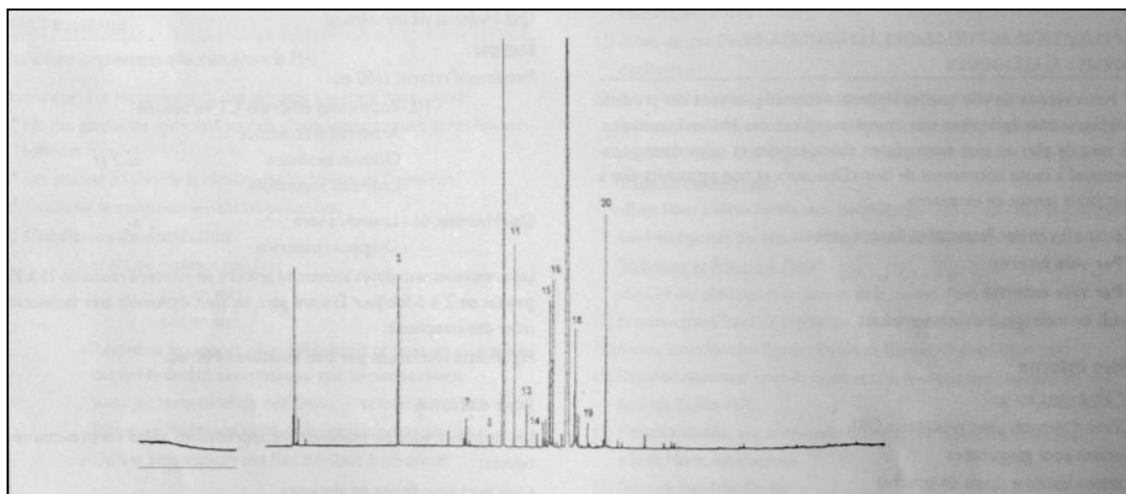


**Figure 11 : La fleur de *Mentha piperita* (Chakraborty, 2008)**

### III-1.2.4. Composition chimique

Le constituant principal est rapporté d'huile volatile dont le composant principal est habituellement (-) menthol, ainsi que les stéréoisomères du menthol, tels que (+) néomenthol et (+) isomenthol. D'autres monoterpènes sont menthone (10-40%), l'acétate de menthyle (1-10%), de menthofurane (1-10%), cinéol (eucalyptol, 2-13%) et le limonène (0,2-6%). Monoterpenes comme pinène, le terpinène, le myrcène, le  $\beta$ -caryophyllène, piperitone, piperitenone, oxyde de piperitone, pulegone, eugénol, menthone, isomenthone, carvone, cadinene, dipentène, linalool,  $\alpha$ -felandreno, ocimene, sabinene, terpinolène,  $\gamma$ -terpinène, fenchrome, p-menthane et le  $\beta$ -thujon sont également présents en petites quantités (Baslas, 1977; Baslas et Saxena, 1984).

Le classement par groupes chimiques fait apparaître une prédominance : Monoterpènes, cétones, Oxydes monoterpéniques.



**Figure 12 : Profil chromatographique de l'essence de l'hydrolat de la Menthe poivrée (Patrick, 1992)**

**Tableau 2 : Composition chimique de l'HE de la menthe poivrée et de l'essence extraite de l'hydrolat correspondant (Patrick, 1992)**

PIC N°	Composé	Teneur % HE de Menthe poivrée	Teneur % HE de l'hydrolat de Menthe poivrée
1	$\alpha$ pinène	0,41	-
2	$\beta$ pinène	0,47	-
3	Sabinène	0,17	-
4	Limonène	0,95	-
5	Cinéol 1,8	2,82	4,62
6	Paracymène	0,41	-
7	Octanol 3	0,23	0,71
8	Octèn-1-ol-3	0,14	0,28
9	Menthone	20,24	18,89
10	Menthofurane	0,13	-
11	Isomenthone	5	5,15
12	Néomenthyl acétate	0,25	-
13	Linalol	0,11	0,81
14	Menthyl acétate	5,12	0,36
15	Néomenthol	5,17	4,75
16	$\beta$ -caryophyllène	0,70	3,72
17	Menthol	49,03	44,81
18	Isomenthol	1,11	3,42
19	$\alpha$ terpinéol	0,37	0,51
20	Pipéritone	0,49	6,40
21	Caryophyllène	0,39	-
22	Viridiflorol	0,14	-

Environ 85 constituants de l'huile ont été identifiés et 40 autres sont non-identifiés. La composition est considérablement influencée par des facteurs environnementaux tels que la

température, la photopériode, la nutrition, la salinité, le stress hydrique, l'âge de la plante, la récolte et le temps de plantation (Charles *et al.*, 1990). Des flavonoïdes comme lutéoline et 7-glucoside (cynaroside), menthoside, iso rhoifoline et autres, y compris un certain nombre de flavones hautement oxygénés ont été rapportés (Orani *et al.*, 1991; Rastogi *et al.*, 1990).

Les acides phénoliques, y compris caféique, chlorogénique et l'acide rosmarinique et «pseudo» tanins qui en dérivent sont signalés à être présents. Tri-terpènes en petites quantités, y compris du squalène,  $\alpha$ -amyrine, l'acide urosolic et sitostérol et d'autres constituants, azulène et minéraux sont également signalés (Lucida et Wallace, 1998).

L'huile de menthe poivrée possède un plus grand effet anti-hydrolytique que l'agent de conservation du commerce tel que le butyl-hydroxyle-toluène (BHT) (Singh *et al.*, 1998).

**Tableau 3 : Normes de composition de l'huile essentielle de *Mentha piperita* (Pharmacopée Européenne, 2010)**

Constituants	Conformité (%)
Menthol	30,0 à 55,0
Menthone	14,0 à 32,0
Cinéole	3,5 à 14,0
Acétate de menthylmentofurane	2,8 à 10,0
Limonène	1,0 à 5,0
Isomenthone	1,5 à 10,0
Pulvégone	Max 4,0
Carvone	Max 1,0

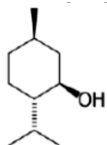
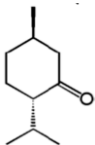

### III-1.2.5. Propriétés

L'huile essentielle de *M. piperita* est connue pour ses propriétés antiseptiques, des propriétés stimulantes et carminatives. Sa teneur en monoterpène déterminée par chromatographie en phase gazeuse est de 1,8 cinéole (6-14%), du limonène (1-5%), la menthone (14-32%), menthofurane (1-9%), isomenthone (2-10%), l'acétate de menthyle (05.03%), le menthol (30-55%), pulvégone (pas

plus de 4,0%) et la carvone (pas plus de 1,0%). un rapport de 1,8-cinéole au limonène doit être supérieur à 2,0 (World Health Organization, 2002).

En homéopathie, la plante entière sauf la racine est utilisée pour des préparations de la teinture mère (Govt. of India, 1974).

**Tableau 4 : Propriétés thérapeutiques de l'huile essentielle de *Mentha piperita* par molécules actives (Baudoux *et al.*, 2006)**

Molécules actives	Propriétés thérapeutiques	Toxicité
<b>Menthol</b> (alcool monoterpénique) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anti-infectieux</li> <li>- Antibactérien</li> <li>- Antifongique</li> <li>- Antiparasitaire</li> <li>- Hépatostimulant</li> <li>- Antalgique (soulagement céphalées par action vasoconstrictive)</li> <li>- Anesthésiant (froid)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de toxicité aux doses physiologiques</li> <li>- Déconseillé chez l'enfant de moins de 7 ans et la personne épileptique (risque de spasme pharyngé et de convulsions)</li> <li>- Ne jamais appliquer sur une zone étendue (réaction glacée)</li> </ul>
<b>Menthone</b> (cétone) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mucolytique</li> <li>- Décongestionnant</li> <li>- Lipolytique</li> <li>- Choagique et cholérétique</li> <li>- Cicatrisante</li> <li>- Antivirale</li> <li>- Antiparasitaire</li> <li>- Stimulation à faible dose du SNC (effet inverse à plus forte dose : apaisant, relaxant)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neurotoxique</li> <li>- Abortive</li> </ul>
<b>Eucalyptol ou 1,3-cinéole</b> (oxyde) 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Décongestionnante respiratoire</li> <li>- Expectorant puissant (fluidifiant)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A doses excessives, elle peut entraîner des convulsions chez le nourrisson et l'enfant ayant des antécédents de crises d'épilepsie</li> </ul>
<b>Acétate de menthyle</b> (carboxyle)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antispasmodique</li> <li>- Calmant et sédatif</li> <li>- Léger effet antalgique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de toxicité aux doses physiologiques et thérapeutiques</li> </ul>

### III-1.3. Variétés

- *Mentha piperita folium*, dont les feuilles de menthe poivrée renferment au minimum 12 ml/kg d'huile essentielle dans la drogue entière ou 9 ml/kg dans la drogue fragmentée.
- *Mentha piperita aetheroleum*, dont l'huile essentielle de menthe poivrée, renferment 30 à 55% de menthol, 13 à 32% de menthone, 2,8 à 10% d'acétate de menthyle, 3,4 à 14% de cinéole, 1 à 9% de menthofurane, 1,0 à 5,0% de limonène, 1,5 à 10% d'isomenthone et au maximum 4% de pulégone, 1% de carvone (Anonyme, 2011)

## III-2. *Ricinus communis*

### III-2.1. Généralités

Le Ricin ou *Ricinus communis* L. fait partie de la famille des Euphorbiacées comportant 8100 espèces, cette plante est le seul représentant du genre *Ricinus* qui est un arbre à grandes feuilles palmées (Witchard, 1997; Paul et Tanigoshi, 1999 ; Malathi *et al.*, 2006 ; Ledent et Mairesse, 2008). Originaire d'Afrique tropicale, qui s'est répandue un peu partout dans le monde (Sijelmassi, 1991) peut se développer sous la forme d'un arbre pouvant atteindre plus de 10 m de haut (Dumeignil, 2012) cultivé à grande échelle, principalement en Inde, au Brésil et en Chine, pour la production d'huile de ricin. On en trouve aussi de plus en plus en Europe en tant que plante ornementale aux magnifiques couleurs (Anonyme, 2010 et 2016.)

Les feuilles, vertes ou rouges suivant les variétés et la maturité de la plante (Dumeignil, 2012), portées par de longues tiges, sont palmilobées et leur bord est denté. C'est une plante géante à feuillage décoratif. Les fleurs sont regroupées en grappes, tri-coques hérissées de pointes (qui peuvent parfois être absentes) (Sijelmassi, 1991), La floraison se fait grâce à des fleurs femelles et mâles regroupées en cyathes (Dumeignil, 2012). Certaines variétés ornementales ont des feuilles dont la face inférieure et le pétiole sont colorés en rouge (Sijelmassi, 1991).

Les graines comparables à des petits haricots riches en triglycérides, luisantes et de couleur grisâtre/marron clair marbrée de tâches brunâtres sont enfermées par trois dans des fruits qui prennent la forme de capsules tri-coques hérissées de pointes (Dumeignil, 2012). Malheureusement, elles sont également appétissantes, ce qui fait que les jeunes enfants sont le plus souvent les victimes d'empoisonnement par le ricin.

La totalité de la plante est toxique en raison de la présence d'une toxine glycoprotéique, le ricin (Anonyme, 2016), un poison végétal, est une protéine qui agit comme une protection naturelle

contre les prédateurs (Anonyme, 2010), la concentration en ricine est maximale dans les graines (Anonyme, 2016).



**Figure 13 : Arbuste de Ricin en fleurs ; capsules et graines (Anonyme, 2010)**

### III-2.2. Classement taxonomique

**Règne :** Plantea

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

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

**Classe :** Magnoliopsida

**Sous-classe :** Rosidae

**Ordre :** Euphorbiales

**Famille :** Euphorbiaceae

**Genre :** *Ricinus* (Anjani, 2005 ; Aslania *et al.*, 2007; N'guessan *et al.*, 2009)

**Especie :** *Ricinus Communis* L.

### III-2.3. Origine et Habitat

L'origine du *Ricinus communis* L. est l'Afrique tropicale, il est développé en tant que plante ornementale dans diverses régions de l'Asie, l'Amérique du Nord, l'Afrique et l'Europe (Aslania *et al.*, 2007).

Il est largement cultivé dans la plupart des régions tropicales et subtropicales sèches de même que dans de nombreuses régions tempérées dotées d'un été chaud (Ziyu *et al.*., 1992; Gerard *et al.*., 2008; Sujatha *et al.*, 2008; Cheema *et al.*, 2010).

*Ricinus communis* L. est présent dans tout le continent africain, de la côte atlantique à la mer Rouge et de la Tunisie à l'Afrique du Sud ainsi que dans les îles de l'océan Indien (Maroyi, 2007). Plus de 95% de la culture de *Ricinus* dans le monde est concentrée en Inde, la Chine et le Brésil (Sailaja *et al.*, 2008).

## II-2.4. Caractéristiques botaniques

Le *Ricinus Communis* L est un arbuste à rameaux ultimes herbacés ou fistuleux ou arbre, pouvant atteindre 7 m et plus, son feuillage est d'une beauté remarquable, parfois cultivé comme plante annuelle très vigoureuse, mais naturellement vivace (Kadambi et Dabral, 1955; Mário et Espírito, 2007).

## III-2.5. Propriétés et usage

Le ricin est connu par son huile qui est très utilisée contre la constipation (usage à proscrire absolument) et comme fongicide en usage externe. Elle est utilisée largement dans l'industrie cosmétique et constitue un excellent produit pour les cheveux, les ongles, les cils et les taches de rousseur.

L'industrie cosmétique la transforme facilement en ricin-oléates émulsionnants et en esters polyéthylènes ou autres qui, avec les dérivés de coco et de palme, forment la plus grande partie des excipients cosmétiques (crèmes, moussants...). Son dérivé polyéthylène, le *ricinion*, est également remarquable par son action solubilisant des produits gras (médicaments, huiles essentielles) et permet de potentialiser leur action aussi bien par voie externe qu'interne (Sijelmassi, 1991).

On l'utilise également comme huile pour les moteurs car sa viscosité ne diminue pas à forte température, dans l'industrie des peintures et des surfactants. On l'emploie aussi comme solvant pour préparations injectables, mais peuvent induire des réactions anaphylactiques graves (Sijelmassi, 1991).

Actuellement, les propriétés médicinales de la plante sont exploitées dans la lutte contre le cancer. Des chercheurs américains ont jumelé un extrait de ricin à une protéine qui se lie aux lymphomes afin de développer une substance inoffensive pour l'homme mais mortelle pour les cellules cancéreuses (Sijelmassi, 1991).

On peut également utiliser le tourteau de ricin comme engrais, issu du résidu solide obtenu après le traitement des graines pour obtenir l'huile de ricin. C'est un engrais naturellement azoté, d'origine végétal, en oligo-éléments et en matières organique. C'est un engrais simple, à action progressive qui favorise l'activité microbienne du sol. 100 kg de tourteau de ricin apportent au sol autant d'azote que 1 800 kg de fumier.

Le tourteau de ricin possède naturellement des propriétés insecticides, nématocides et répulsives pour les animaux nuisibles (Anonyme, 2016).

**Tableau 5 : Caractéristiques physico-chimiques de l'huile.**

		Teneur	Détail
<b>Composition</b>	Acides saturés	2.3 %	- palmitique (1,0%) - stéarique (1,0%) - arachidique (0,3%)
	Acides insaturés	97.7 %	- oléique (3,0 %) - linoléique (4,2%) - linoléinique (0,3%) - dihydroxi-stéarique (0,7%) - ricinoléique (89,5%)

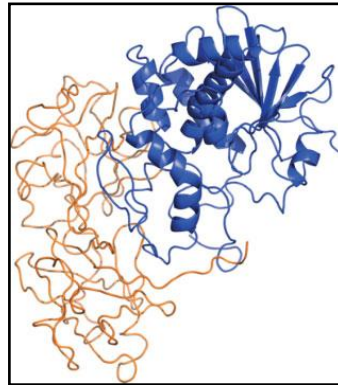
### III-2.6. Composition et mécanisme d'action

Les graines, l'écorce et les feuilles sont toutes plus ou moins toxiques en raison de la présence d'une lectine glycoprotéique qui inhibe par inactivation des ribosomes la synthèse protéique intracellulaire (Sijelmassi, 1991). La ricine a une masse moléculaire d'environ 64 kDa (environ 570 acides aminés) est formée de deux sous-unités A et B qui sont reliées par un pont disulfure intermoléculaire (Olsnes et Kozlov, 2001). La sous-unité B (isoleucine) permet la fixation de la ricine sur la membrane cellulaire, elle a deux sites de fixation où certaines structures de glycanes adhèrent à la surface des cellules (propriétés lectiniques) et commandent l'endocytose dans le cytosol des cellules cibles, tandis que la sous-unité A est une enzyme (ARN-N-glycosidase), qui va inhiber la synthèse des protéines en se fixant sur les ribosomes du réticulum endoplasmique et l'inactiver par clivage de l'adénine (Olsnes et Kozlov, 2001 ; Sijelmassi, 1991). Ce qui détermine l'action toxique de la ricine au niveau cellulaire. Du fait des propriétés enzymatiques de cette toxine, on pense qu'une seule molécule de ricine peut, après translocation dans le cytosol, tuer la cellule (Olsnes, Kozlov, 2001 et Sijelmassi, 1991).

La concentration en ricine est maximale dans les graines qui renferment par ailleurs des protéines, de l'eau et des lipides. Ces graines fournissent 60% de leur poids en huile de ricin qui est constituée de 85% de glycérides, d'acide ricinoléique et contient 1% de vitamine E.

L'acide ricinoléique altère la muqueuse intestinale et provoque des pertes importantes en eau et en électrolytes d'où son action purgative intense et irritante.

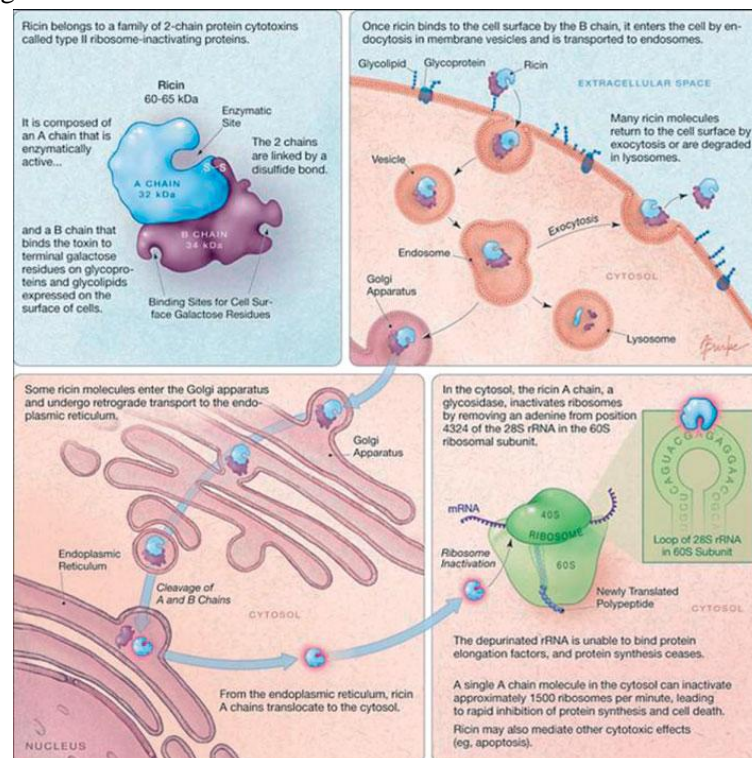
Selon Sijelmassi (1991), le ricin serait l'un des poisons naturels les plus toxiques à quantité et à concentration données, Il empêche la synthèse des protéines plus complexes dans la paroi intestinale, ce qui à son tour cause des dommages au niveau du système digestif.



**Figure 14 : Structure de la ricine (Anonyme, 2010)**

-La chaîne A est représentée en bleu.

-La chaîne B en orange.



**Figure 15 : Mécanisme de la toxicité du ricin (Audi et al., 2005)**

## *Chapitre IV*

### *L'hôte, le bio-agresseur*

## IV-1. Présentation des modèles biologiques étudiés

### IV-1.1. Les agrumes

#### IV-1.1.1. Origine et distribution géographique

Les agrumes sont originaires du Sud Est asiatique. Cependant, les données historiques plaident en faveur de l'existence de trois centres de diversification primaire (Webber, 1967 ; Scora, 1988 ; De Rocca Serra et Ollitrault, 1992) :

- Le Nord Est de l'Inde, les régions proches de la Birmanie et de la Chine, auraient abrité la diversification de *Citrus medica* et l'apparition de *C. aurantifolia*, *C. limon*, *C. aurantium* et *C. sinensis* ;
- La Malaisie et l'Indonésie sont citées comme centre d'origine de *C. grandis* ;
- Le Vietnam, le Sud de la Chine et le Japon seraient la zone de diversification de *C. reticulata*.

#### IV-1.1.2. Taxonomie

Les agrumes sont des baies modifiées ou ont une forme spécialisée de baie (*Hesperdium*) résultant d'un ovaire simple. En plus du genre *Citrus*, nous observons cinq genres supplémentaires de ce type de fruit : *Poncirus* (orange trifoliée), *Fortunella* (le kumquat qui est mangé tel quel avec sa peau), *Microcitrus*, *Eremocitrus*, et *Clymenia* dans la sous famille des *Aurantioideae* et appartenant tous à la famille des *Rutaceae*.

Le genre *Citrus* renferme la plupart des agrumes cultivés pour leurs fruits ou leurs huiles essentielles. Deux classifications du genre prévalent. Celle de Tanaka (1961) qui identifie 156 espèces, tandis que celle de Swingle et Reece (1967) qui n'en distingue que 16 espèces. En référence à cette dernière classification, les huit espèces cultivées sont : *C. sinensis* L. Osb., l'oranger ; *C. aurantium* L., le bigaradier ; *C. reticulata* Blanco, le mandarinier ; *C. paradisi* Macf., le pomelo ; *C. maxima* (Burn.) Merr., le pamplemoussier ; *C. limon* (L.) Burm., le citronnier ; *C. aurantifolia* (Christm.) Swing., le limettier et *C. medica* L., le cédratier. Ces espèces renferment un grand nombre de variétés.

La classification des agrumes est selon Swingle et Reece (1967) comme suit :

**Règne** : Végétale

**Embranchement** : Angiospermes

**Classe** : Eudicotes

**Sous classe :** Archichlomydeae

**Ordre :** Geniales (Rutales)

**Famille :** Rutaceae

**Sous famille :** Aurantoideae. (Adjdir et Bensnoussi , 2009)



**Figure 16 :** Les fruits des différentes espèces et variétés d'agrumes (Esclapon, 1975)

#### **IV-1.1.3. La maîtrise des nuisibles en vergers d'agrumes**

Les agrumes sont la cible d'une large communauté de ravageurs qui peuvent altérer la plante hôte à différents stades phénologiques (Quilici *et al.*, 2003). Ce cortège de ravageurs rassemble plus d'une vingtaine d'espèces, parmi 13 genres, dans 6 ordres (Lepidoptera, Diptera, Acari, Thysanoptera, Hemiptera, Coleoptera). Les dégâts causés par l'activité de ces ravageurs sont de natures variées et nuisent à la santé du verger ou a minima déprécient l'aspect visuel du fruit (Quilici *et al.*, 2003). La consommation d'organes divers par les phytophages et la ponction de sève par les insectes piqueurs-suceurs affectent fortement la fitness de la plante, entraînant un affaiblissement de l'arbre et un rendement moindre.

Les piqueurs suceurs comprennent, entre autres, les cochenilles, les pucerons, les aleurodes, les cicadelles. Ils sont nuisibles directement par la spoliation de sève ou indirectement par le développement de fumagine sur les feuilles qu'occasionne le dépôt de miellat ou d'excréments.

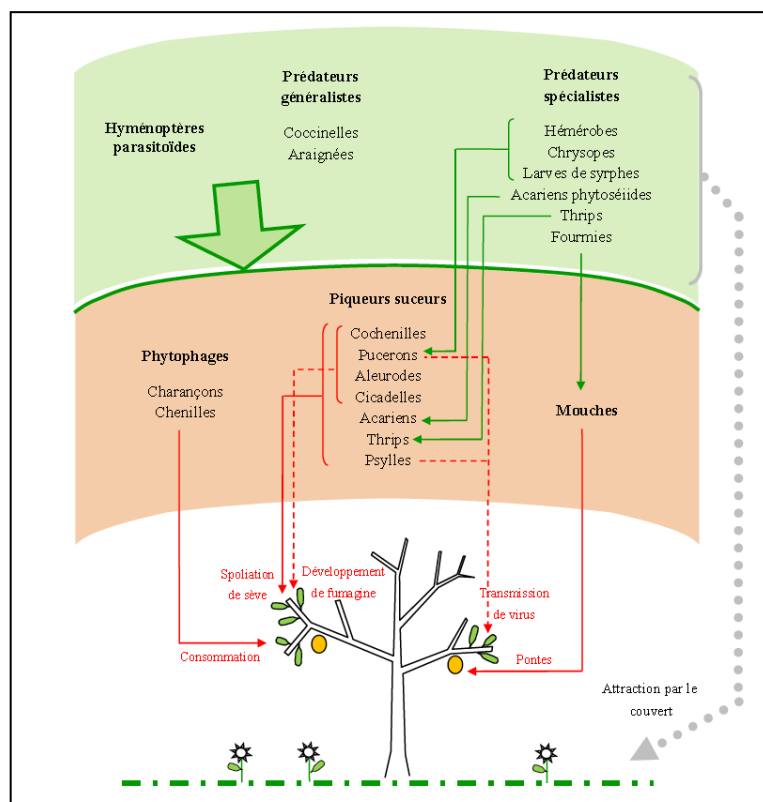


**Figure 17 :** Puceron des agrumes (Anonymes, 2016)

Cependant, dans tout agro-système en milieu ouvert, la présence de ravageurs sur une parcelle constitue un garde-manger attrayant pour leurs ennemis naturels (Bianchi *et al.*, 2006; Ives *et al.*, 2000; Wilby et Thomas., 2002). Ces arthropodes s'attaquent aux nuisibles et participent à protéger la santé du verger par le réseau trophique naturel de l'agro-écosystème qui se met en place. Le cortège d'ennemis naturels se compose d'espèces appartenant à des ordres variés distingués suivant leur mode d'attaque (Quilici *et al.*, 2003).

Le premier groupe d'ennemis naturels est constitué de prédateurs. Dans la famille des Coccinellidae (Coleoptera) figurent de nombreuses espèces plus ou moins généralistes, consommatrices de cochenilles, aleurodes, pucerons et psylles (Symondson *et al.*, 2002).

Grâce au large spectre d'action des différentes familles d'hyménoptères, les parasitoïdes offrent un potentiel de régulation important. De plus, le contrôle d'un même ravageur peut être effectué par différentes espèces, prédatrices ou parasitoïdes (Fig. 18). Dans un objectif de lutte biologique par conservation il est donc intéressant que l'agro-écosystème permette l'accueil d'une entomofaune diversifiée.



**Figure 18 : Synthèse des interactions ravageurs– auxiliaires– flore en verger d'agrumes (Symondson *et al.*, 2002).**

Légende : → effet direct → effet indirect → effet hypothétique

#### **IV-1.1.4. Aspect économique**

Parmi les raisons qui ont donné aux agrumes un poids économique sur la scène internationale figurent leurs bienfaits sur la santé, attribués relativement à la présence de composés bioactifs, tels que les composés phénoliques (par exemple, les glycosides flavanones, acides hydroxycinnamiques) (Marchand, 2002), la vitamine C (Halliwell, 1996), et les caroténoïdes (Rao et Rao, 2007). Bien que les fruits soient utilisés principalement pour le dessert, ces derniers sont aussi des sources d'huiles essentielles en raison de leurs composés aromatiques (Chutia *et al.*, 2009 ; Minh Tu *et al.*, 2002). Par exemple, les saveurs de la lime sont utilisées dans les boissons, les confiseries, les biscuits et les desserts (Chutia *et al.*, 2009 ; Dharmawan *et al.*, 2007). De nombreux auteurs ont rapporté des propriétés antioxydantes et anti-radicalaires des huiles essentielles (Sacchetti *et al.*, 2005) et, dans certains cas, une incidence directe liée à l'alimentation (Madsen & Bertelsen, 1995). Jusqu'à présent, les études sur les composés bioactifs et l'activité antioxydante des agrumes ont principalement porté sur les fruits (écorces, pulpes et jus) et les fractions polaires (Abeysinghe *et al.*, 2007; Gorinstein *et al.*, 2001).

#### **IV-1.2. Les principaux ennemis**

##### **IV-1.2.1. Puceron**

Les pucerons sont considérés actuellement parmi les ravageurs les plus redoutables aux plantes. Pourtant, ils sont souvent contrôlés par un grand nombre d'espèces d'ennemis naturels, notamment les parasitoïdes qui participent d'une manière active à la réduction des populations de pucerons ravageurs. Cependant, l'intensification qui caractérise l'agriculture moderne, notamment, en matière d'utilisation des engrais et des pesticides, a conduit à la diminution de la richesse quantitative et qualitative de ces parasitoïdes (Anonymes, 1999).

##### **IV-1.2.1.1. Aperçu historique et position systématique**

Les Aphides ou les pucerons sont considérés actuellement parmi les insectes les plus nuisibles et les plus dommageables pour les cultures et les forêts (Dixon, 1998 ; Blackman et Eastpo, 1993). En plus de leurs effets directs sur les plantes, ils participent dans la transmission d'un grand nombre de virus phytopathogènes (Kennedy, Day & Easto, 1962).

Les pucerons ou les aphides font partis de l'embranchement des arthropodes ; corps segmenté et articulé, squelette externe chitineux.

Ce sont des insectes ; leur corps, dont la longueur varie de 2 à 5 mm, est divisé en 3 parties bien différenciées ; tête, thorax et abdomen.

Leurs classification est comme suit (Jordan et Mille, 2006) :

**Règne** : Animalia ;

**Embranchement** : Arthropoda ;

**Sous embranchement** : Hexapoda ;

**Classe** : Insecta ;

**Ordre** : Hemiptera ;

**Super-famille** : Aphidoidea ;

**Famille** : Aphididea (présence de deux cornicules sur l'abdomen)

**Sous – famille** : Aphidinae ;

**Genre** : *Aphis* ;

**Espèce** : *Aphis spiraecola* Patch (1914)

Chez la plupart des insectes de pucerons, coexistent des formes adultes ailées et aptères (Stary, 1975).

*Aphis spiraecola*, originaire des Etats-Unis, est polyphage. Introduit dans le bassin méditerranéen vers 1960, ce puceron, habituellement hôte des agrumes et des spirées, peut également coloniser les arbres fruitiers. De forme ovale et globuleuse il est de couleur verte avec les cornicules brunes. Il ressemble fort à *Aphis pomi* avec lequel il peut être confondu (Anonymes, 1999). Ce puceron est actif du printemps à l'automne, sans interruption estivale. Il hiverne à l'état de femelle parthénogénétique sur les pousses (Francois et Georget, 2006).

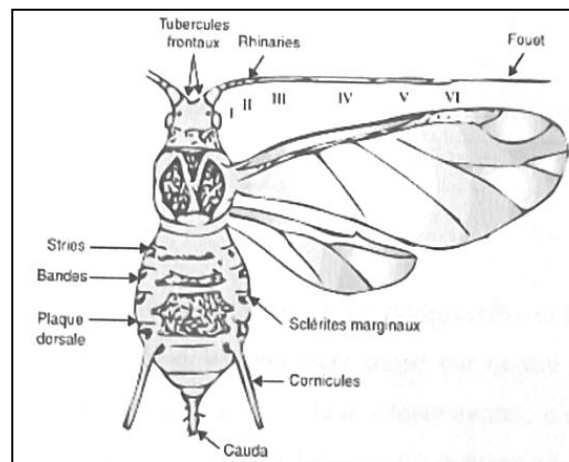
Les conditions climatiques du printemps interviennent également sur des pullulations, tels que les précipitations qui détruisent une forte proportion de pucerons ailés.

L'espérance de vie des pucerons décroît également avec la température entre des limites définies. En effet, les températures extrêmes peuvent être un facteur létal important ; ceci est très net à 30°C, température à laquelle aucun puceron ne pond plus de larve viable et à laquelle sa propre survie est minimale. Le froid est également un facteur limitant. Tous ces facteurs sont très variables d'une espèce ou d'une souche à une autre, d'une plante hôte à une autre, mais on peut retenir qu'en pratique, l'agriculture peut compter que, par une température diurne de 20°C, le nombre de pucerons est susceptible de doubler en moyenne tous les trois jours, si toutes les

conditions optimales de multiplication sont réunies (Lucas, 1993 ; Jordan et Mille, 2006 ; Capinera, 2008).

#### IV-1.2.1.2. Morphologie

*Aphis spiraecola* mesure de 1,2 à 2,2 mm de long, sa coloration varie du jaune verdâtre au vert pomme (Lykouressis, 1990 ; Ellenreider, 2003). Selon Evelyne *et al.* (2011), l'identification de l'espèce repose essentiellement sur des critères morphologiques des adultes ailés dont les principaux sont présentés dans la figure 19.



**Figure 19 : Morphologie d'un puceron ailé (Cottier, 1953)**

Sur la tête sont insérées les antennes ; elles sont formées généralement de six articles dont le dernier comprend une partie plus renflée, la massue, et une partie plus fine souvent plus longue, le fouet ; les antennes sont insérées directement sur le front ou sur des protubérances, appelées tubercules frontaux. Certains articles antennaires possèdent des organes olfactifs : les rhinaries, dont le nombre et la forme sont un critère d'identification.

Le thorax comprend trois segments ; le thorax, le mésothorax et le métathorax, chez l'ailé le mésothorax est sclérifié. Le thorax porte les trois paires de pattes, et les deux paires d'ailes pour les formes ailées.

L'abdomen comporte dix segments difficiles à différencier. Le cinquième ou le sixième porte une paire de cornicules qui sont des organes. Leur longueur et leur forme sont très utiles pour séparer les espèces. Le dernier segment constitue le cauda. Sur l'abdomen, la pigmentation due aux

stries, bandes, plaques, sclérites est également un critère d'identification. Les principales caractéristiques morphologiques des formes aptère et ailé sont représentés dans le tableau suivant ;

**Tableau 6 : Les caractéristiques morphologiques de puceron (Evelynes *et al.*, 1999)**

<b>Aptère</b>	Corps	De couleur jaune à vert pomme ;
	Cauda	Noire ;
	Cornicules	Noires, de longueur moyenne ;
<b>Ailé</b>	Corps	Vert à vert jaunâtre ;
	Antennes	Courtes (de la dimension du corps) ;
	Abdomen	Avec des sclérites marginaux ;
	Cornicules	Noires, plus courtes que chez les aptères ;
	Cauda	Aussi noire que les cornicules, longues et contractée.

La femelle ailée parthénogénétique mesure 1,08 mm de long, avec la tête, le thorax et les cornicules (organes situés à la partie postérieure de l'abdomen) bruns, et l'abdomen du même vert tendre que les jeunes feuilles des agrumes. La femelle aptère parthénogénétique également, mesure 1,05 mm de long, elle est complètement verte, sauf les cornicules brunes et la tête brunâtre (Francois et Georget, 2006).

#### **IV-1.2.1.3. Importance économique et dégâts**

Depuis 2000, le principal ravageur identifié sur les agrumes est le puceron vert *Aphis spiraecola*. Il pose plus de problèmes en cultures sous abri qu'en extérieur. Les dégâts sont graves, car le ravageur colonise les pousses tendres, les boutons, les greffes, les jeunes plants dont le développement est inhibé (Francois et Georget, 2006) (Fig. 20). En cas de forte présence, ce puceron provoque des enroulements de feuilles. Le développement des pousses s'en trouve inhibé (Anonymes, 1999). Les feuilles se recroquevillent fortement, les fleurs tombent durant la floraison et, au-delà des dégâts directs, se reproduisant rapidement, produisent du miellat qui favorise non seulement le développement des fourmis mais aussi l'attaque des plantes par les champignons, le miellat produit par les pucerons favorise l'installation de la fumagine (Hugues et Philippe, 1987 ; Francois et Georget, 2006). La piqure des insectes endommage les tissus de la plante, favorise les

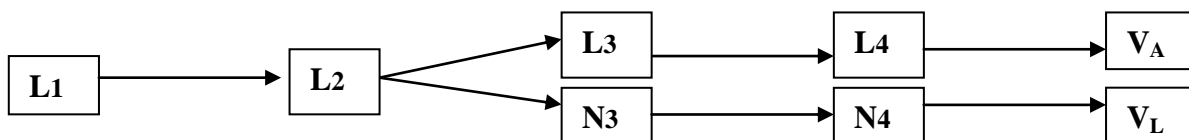
dégâts des bactéries, des champignons et des autres ravageurs opportunistes (Byenda et Nyamangyoku, 2015) ; ce puceron est également vecteur potentiel de virus, tels que le virus de la sharka ou de la tristeza des agrumes (Francbois et Georget, 2006).



**Figure 20 : Colonies de puceron vert des agrumes (Francbois et Georget, 2006)**

#### IV-1.2.1.4. Le cycle biologique

Les pucerons sont hémimétaboles ; leurs stades larvaires mènent le même mode de vie que les adultes (Sauvion, 1995). Leur développement passe par quatre stades de croissance successifs, entre lesquelles, ils se débarrassent de leur exosquelette ; c'est la mue (Rabasse, 1979). Selon Sauvion (1995), le développement larvaire d'un puceron peut être comme suit ;



- L1, L2, L3, L4 ; larves du 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> ;
- N3, N4 ; larves à ptérothèque du 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> stade larvaire de la forme ailée ;
- V<sub>A</sub> ; adulte virginipare aptère ;
- V<sub>L</sub> ; adulte virginipare ailée.

### IV-1.3. Insecticides chimique contre *A. spiraecola*

Certains insecticides chimiques ont prouvé leur aptitude à contrôler efficacement les insectes (pucerons), mais ils sont difficilement accessibles aux paysans et ont un défaut majeur de contribuer à la dégradation de l'environnement. C'est le cas du dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) qui a remporté une victoire sur les ravageurs des cultures, les mouches des fruits, les lépidoptères des fruits, les défoliateurs du cotonnier, etc. mais qui à cause de sa rémanence et sa persistance, s'accumule chez les êtres dans les tissus adipeux (Campbell et Reece, 2004 ; Lavabre, 1999). Aujourd'hui son usage est prohibé. Parmi les premiers insecticides locaux utilisés, on cite les poudres de pyrèthre, les macérations de roténone extraites des Derris, Tephrosia, Tabac, etc.

Etant donné que certaines plantes comme le tabac, la tephrosia et le piment ont des effets insecticides, bactéricides et/ou fongicides (Lefevre, 1989 ; Lambert *et al.*, 1993) elles auraient des effets positifs insecticides et/ou insectifuges contre les pucerons des agrumes. Certaines substances végétales ont une action relativement généralisée, d'autres agissent très spécifiquement sur tel ou tel ravageur, mais pas sur d'autres. C'est l'expérimentation qui détermine le spectre d'action. L'avantage des substances phytosanitaires naturelles est qu'elles sont biodégradables et ne présentent donc pas de grand danger à long terme pour le milieu et les êtres vivants (Hugues *et al.*, 2001).

#### IV-1.3.3. La lutte biologique

##### IV-1.3.3.1. Définition

Le concept de la lutte biologique sous sa forme « scientifique » contre les ravageurs est connu pratiquement depuis plus d'un siècle (Hoffmann *et al.*, 1994). Selon Van Driesche et Bellows (1996), la lutte biologique est un processus agissant au niveau des populations et par lequel la densité de population d'une espèce est abaissée par l'effet d'une autre espèce qui agit par prédation, parasitisme, pathogénéicité ou compétition. La lutte biologique est donc l'utilisation d'organismes vivants dans le but de limiter la pullulation et/ou la nocivité des divers ennemis des cultures « rongeurs, insectes, nématodes, maladies des plantes et mauvaises herbes » (Vincent et Coderre, 1992 ; Eilenberg *et al.*, 2001; Jourdeuil *et al.*, 2002 ; Altieri *et al.*, 2005). Cela implique que nous avons affaire à des systèmes biologiques complexes qui varient dans le temps et dans l'espace (FIMAB, 2004). La lutte biologique se base sur la régulation préventive et durable d'importants ravageurs par leurs ennemis naturels.

Cette interaction se base alors sur trois éléments: le ravageur, l'auxiliaire et son habitat (Boller *et al.*, 2004).

#### IV-1.3.3.2. Rôle des coccinelles dans la lutte biologique

##### c. La coccinelle *Harmonia axyridis* (Coleoptera : Coccinellidae)

Parmi les coccinelles *aphidiphages* utilisées en lutte biologique, *Harmonia axyridis* semble être une des plus efficaces parce qu'elle présente plusieurs caractéristiques très intéressantes ; car ces coccinelles réduisent efficacement les populations d'*Aphis spiraecola* (Homoptera : Aphididae) (Brown et Miller, 1998).



Figure 22 : *Harmonia axyridis* (Francois et Georget, 2006)

##### a.1. Position systématique

La coccinelle *Harmonia axyridis* Pallas appartient :

à l'**ordre** des Coléoptères,

au **sous-ordre** des Polyphaga,

à la **super-famille** des Cucujoidea,

à la **section** des Clavicornia,

à la **famille** des Coccinellidae,

à la **sous-famille** des Coccinellinae,

et à la **tribu** des Coccinellini.




##### d. *Adalia bipunctata*, *Harmonia auxyridis* et *Coccinella septempunctata*

C'est trois espèces de coccinelles sont très variables au niveau de la coloration. Elles peuvent aussi bien avoir des points noirs sur fond rouge que des points rouges sur fond noir. En revanche,

*Adalia bipunctata* n'a toujours que 2 ou 4 points sur son dos, alors que *Coccinella septempunctata* a 7 points tandis qu'*Harmonia axyridis* peut en avoir de 2 à plusieurs dizaines.

Pour les différencier plus finement, on peut les observer à la loupe. *Adalia* a les pattes totalement noires alors qu'*Harmonia* les a de couleurs claires. De plus, *Adalia* et *Coccinella* sont capables de voler alors qu'*Harmonia* ne le peut pas. Au stade larvaire, il est difficile de les distinguer. Cependant, à partir du stade L3, les colorations orange d'*Adalia* et *Coccinella* sont moins marquées que sur *Harmonia* (A.R.E.X.H.O.R, 2008).

**Tableau 7 : Les caractères morphologiques de *A. bipunctata*, *H. axyridis* et *C. septempunctata***

<i>Adalia bipunctata</i>	<i>Harmonia axyridis</i>	<i>Coccinella septempunctata</i>	Réf.
			
Adulte rouge à 2 point, adulte noir à 4 points,  larve	Adulte (1 des nombreuses possibilités de coloration et de motifs),  Larve mesure de 7,5 à 10,7 mm	L'adulte à 7 points (7 mm), la larve mesure jusqu'à 7-8 mm	(A.R.E.X.H .O.R, 2008)

#### IV-1.3.3.3. Les problèmes liés à l'insuffisance des auxiliaires

Le problème le plus souvent soulevé concerne l'absence de réponse numérique de la part des prédateurs (syrphes et coccinelles notamment) avec la ponte en moyenne d'un seul œuf par colonie (Miñarro *et al.*, 2005). Cette ponte unique permet d'optimiser la valeur sélective de ces prédateurs en réduisant ou en évitant les compétitions intra- et inter- spécifiques entre auxiliaires (Meyhöfer et Klug, 2002; Pineda *et al.*, 2007).

Le second problème le plus souvent cité est la température, encore faible au début du printemps, qui défavoriserait les auxiliaires, notamment les coccinelles et les cécidomyies par rapport aux pucerons et, en conséquence, l'efficacité des insectes aphidophages ne se manifeste clairement qu'à une période avancée du cycle lorsque les effectifs sont déjà importants (Cruz De Boelpaep *et al.*, 1987; Brest, 1997; Baudry, 1998; Wyss *et al.*, 1999a,b; Miñarro *et al.*, 2005).

## *Partie expérimentale*

# *Chapitre I*

## *Matériels et méthodes*

## **I-1. Objectif**

L'objectif de notre travail est d'exécuté le pouvoir insecticide de la menthe poivrée, du ricin ainsi que de leurs synergie sur les pucerons des agrumes et aussi sur les coccinelles. L'extraction a été réalisée par le biais de deux méthodes : l'extraction par Soxhlet permettant d'obtenir l'extrait méthanoïque du ricin et la menthe poivré, et l'extraction par hydro-distillation et entrainement à la vapeur pour l'obtention de l'huile essentielle de la menthe poivrée.

## **I-2. Matériel biologiques**

### **I-2.1. Matériel végétal**

L'étude a porté sur deux espèces de plante médicinales aromatiques ;

*Mentha piperita* (Menthe poivrée) et *Ricinus communis* (Ricin commun), qui ont été identifiées en présence du Dr. Boualem Malika (Entomologiste à l'université de Mostaganem).

Nous avons procédé à la récolte des plantes de mars à avril 2016. La Menthe a été récoltée dans la région de Sidi Fellag à Mostaganem, tandis que le Ricin à l'ITA (l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem) et à la Vallée des jardins - Sayada – Mostaganem.

### **I -2.2. Matériel animal**

Le Puceron *Aphis spiraecola* ainsi que la coccinelle *Coccinella septempunctata* ont été récoltés sur des arbres d'agrumes (Bigaradier et citronnier) à l'université Adelhamid Ibn Badis de Mostaganem et dans la ferme expérimentale située entre la commune de Mostaganem au nord, Mazagran à l'ouest, Hassi Mameche au sud et Douar Djedid à l'est (Toudert, 1991). Les insectesen question ont été identifiées en présence du Dr. Boualem Malika (entomologiste à l'université de Mostaganem).

## **I-3. Méthodologie d'étude**

Pour tester l'activité insecticide des plantes étudiées nous avons utilisé l'huile essentielle et l'extrait méthanoïque de *Mentha piperita* et l'extrait méthanoïque de *Ricinus communis*.

L'huile essentielle et les extraits hydro-alcooliques testés ont été préparés au laboratoire pédagogique (Biochimie N°1 du site universitaire III (Ex. ITA) ;

Pour l'huile essentielle nous avons utilisé la méthode d'hydro-distillation ; et pour les extraits hydro-alcooliques nous avons utilisé l'extracteur de Soxhlet.

### I-3.1. Taux d'humidité

Le taux de l'humidité des plantes est déterminé par le procédé de séchage à l'étuve ; Nous avons introduit 30gr de matière végétale (Ricin ou Menthe) dans une étuve porté à 60°C pendant 48h (Stran *et al.*, 2007). À la sortie de l'étuve, le matériel végétal est laissé dans un dessiccateur pendant 15 min ambiante avant d'être pesé ; Cela permet d'exprimer la teneur en eau.

Le taux d'humidité (H%) est donné selon la formule suivante :

$$H\% = (M_0 - M_1) / M_0 \times 100$$

H% : taux d'humidité exprimé en pourcentage.

M<sub>0</sub> : masse de l'échantillon (feuilles fraîches) avant l'étuvage (en gr)

M<sub>1</sub> : masse de l'échantillon (feuille sèches) après l'étuvage (en gr)

### I-3.2. L'extraction

#### I-3.2.1. Extraction par Hydro-distillation

Ce mode d'extraction a été proposé par Garnier en 1891, c'est la méthode la plus utilisée pour extraire les huiles essentielles et pouvoir les séparer à l'état pur mais aussi de fournir le meilleur rendement.

Le principe consiste à immerger directement la matière végétale à traiter dans un ballon rempli 60% d'eau qui est ensuite porté à ébullition, les vapeurs chargées d'huiles essentielles se condensent à leurs arrivées au niveau du réfrigérant. Elles retombent sous forme de gouttelettes et forme avec l'eau un mélange hétérogène récupérées à l'aide d'une micropipette. L'huile est récupérée par la suite dans des tubes recouvert d'aluminium et conservées dans une position verticale à l'abri de la lumière à une température inférieure à 6°C (Boelens *et al.*, 1990).

- **Mode opératoire**

100gr de feuilles saines fraîchement cueillies ont été d'abord lavées et coupées, ensuite sont mises en contact avec l'eau distillée dans un ballon d'une capacité nominale de 60%, puis le tout a été porté à ébullition à 100°C pendant 3 heures et demi jusqu'à 4 heures, le chauffage est assuré par un chauffe-ballon électrique d'une puissance de 500W, les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et les huiles essentielles se séparent de l'eau par différence de densité, les parties insolubles dans l'eau de condensation sont décantées et, en raison de sa plus faible densité, l'huile

essentielle se place au dessus de la phase aqueuse. La phase aqueuse contenant les composés hydrosolubles est appelée eau de distillation (ou hydrolat). C'est la méthode que nous avons utilisé dans notre laboratoire en se servant d'un appareil de type Clevenger.



**Figure 23 : Dispositif d'Hydro-distillation (Originale, 2016)**

### **I-3.2.2. Entraînement à la vapeur**

L'entraînement à la vapeur est l'un des procédés les plus anciens d'extraction des matières volatiles (Bernard *et al.*, 1988). Cette technique d'extraction est basée sur le fait que la plupart des composés odorant volatiles contenus dans les végétaux sont entraînés par la vapeur d'eau. Cet entraînement dépend de plusieurs facteurs : le coefficient de partage des composés entre la vapeur d'eau et la plante, la vitesse de diffusion des composés, leur solubilité dans l'eau, la pression partielle de vapeur, la durée et la vitesse de transfert de chaleur (Boelens *et al.*, 1990).

- La distillation à vapeur saturée, le matériel végétal n'est pas en contact avec l'eau, il est placé sur une grille perforée au dessus de la base de l'alambic.

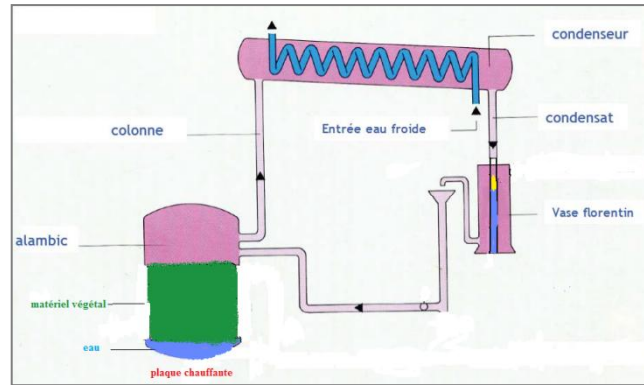


Figure 24 : Dispositif d'Entrainement à la vapeur (Modifié, 2016)

- **Mode opératoire**

Nous avons introduit 2 litres d'eau distillée et 1 kg de feuilles fraîches de *mentha piperita* sur la grille perforée ; le but de cette méthode est d'entraîner avec la vapeur d'eau les constituants volatils des produits bruts. La vapeur détruit la structure des cellules végétales, libère les molécules contenues et entraîne les plus volatiles en les séparant du substrat cellulosique. La vapeur, chargée de l'essence de la matière première distillée, se condense dans le serpentin de l'alambic avant d'être récupérée dans un essencier (vase de décantation pour les huiles essentielles). Les parties insolubles dans l'eau de condensation sont décantées pour donner l'huile essentielle surnageant.



Figure 25 : L'extraction par l'entraînement à la vapeur (Originale, 2016)

### I-3.2.3. Protocole d'extraction des polyphénols

Le principe est le même que pour toute extraction, mais ici se pose le problème de la diffusion du solvant dans la phase solide, qui peut être très lente. Il faut réaliser un très grand nombre d'extractions successives pour obtenir une séparation satisfaisante.

L'extracteur de Soxhlet est un appareil spécialement conçu pour l'extraction continue solide-liquide (Penchev, 2010). Cet appareil porte le nom de son inventeur : Franz von Soxhlet.

Le solvant (5 à 10 fois la quantité de l'échantillon solide à extraire) est porté à ébullition, puis condensé avec le condenseur à boules, dans le réservoir à siphon, contenant le solide à extraire dans une cartouche de papier épais. Le contact entre le solvant et le produit à extraire dure pendant l'accumulation de solvant dans le réservoir, puis quand le solvant atteint un certain niveau, il amorce le siphon et retourne dans le ballon en entraînant la substance dissoute. Ce cycle peut être répété plusieurs fois, selon la facilité avec laquelle le produit diffuse dans le solvant (Penchev, 2010).

Cette méthode d'extraction exige un pro-traitement pour le mélange obtenu par Soxhlet ; en pratique, on utilise un évaporateur rotatif pour séparer l'extrait et le solvant d'extraction (Penchev, 2010).

- **Mode opératoire**

Pour réaliser l'extraction, nous avons en premier lieu sécher les feuilles (le séchage de la Menthe a pris 3 jours et le Ricin 4 jours) et broyer avant leur utilisation.

Nous avons traité 20gr de l'échantillon à extraire (Menthe ou Ricin) en poudre par un solvant (pétrolium d'éther) qui permet la délipidation des feuilles, puis laisser sécher 10 min à la température ambiante (le traitement se fait sous la hotte).

Après la délipidation, l'échantillon est introduit dans une cartouche placée dans le Soxhlet surmonté d'un réfrigérant porté par un ballon contenant 500 ml de solvant d'extraction (On a un mélange hydroalcoolique méthanol – eau (v/v) : 60%).

Nous avons mis le système en marche, en chauffant le ballon à la température d'ébullition du solvant 64,7°C, en provoquant son évaporation, la colonne de distillation génère des vapeurs de solvant qui sont condensées dans le réfrigérant. Lorsque la cartouche est pleine, la solution obtenue

(solvant et soluté) se vide automatiquement par siphonage (lixiviation) puis retourne dans le bouilleur où le solvant est de nouveau porté à l'ébullition.; ce solvant pur et chaud alimente la cartouche contenant le solide inerte et le soluté. L'opération est répétée plusieurs fois jusqu'à l'épuisement total de la plante (épuisement pour 6 cycles).



**Figure 27 : Extraction hydro-alcoolique par Soxhlet (Originale, 2016)**

Le temps de traitement est différent selon le solvant ; le contenu du ballon (solvant plus matière solubilisées) est concentré à l'aide du Rotavapor pour éliminer le solvant.

#### **I-3.2.4. L'évaporateur rotatif**

L'évaporateur rotatif utilise une technique rapide et efficace de séparation : elle permet l'extraction d'un solvant dont la température d'ébullition est abaissée en travaillant sous pression réduite (Hireche, 2013) ; l'évaporateur rotatif utilisé lors de l'expérimentation est de type Buchi R-210, ses caractéristiques sont représentées dans le tableau (Annexe 3).

##### **I-3.2.4.1. Le principe de l'évaporateur rotatif**

Le mélange du solvant et du soluté est placé dans le ballon droit. Celui-ci est plongé dans un bain-marie. Il est incliné et animé d'un mouvement de rotation de manière à créer un film de liquide et ainsi accroître la surface d'évaporation du solvant. La pression à l'intérieur du montage est abaissée au moyen d'une trompe à eau ce qui augmente la vitesse d'évaporation. Après condensation dans le réfrigérant, le solvant est récupéré dans le ballon gauche (Ould Amar, 2013).

Dans notre extraction, nous avons utilisé le méthanol comme solvant qui s'évapore par le rota vapeur à 65°C ; L'extrait brut obtenu est conservé dans un flacon sombre « sous l'abri de la lumière » bien fermé à une température inférieure à 6°C jusqu'à leur usage.



Figure 28 : Montage de l'évaporateur rotatif (Original, 2016)

### I-3.2.5. Le rendement d'extraction

Après chaque étape d'extraction, on calcule le rendement d'extraction ; le rendement exprimé en pourcentage par rapport au poids du matériel de départ est déterminé par la relation suivante :

$$R = M_{\text{ext}} \times 100 / M_{\text{éch}}$$

Où :

**R** : rendement en %.

**M<sub>ext</sub>** : est la masse de l'extrait après l'évaporation du solvant en gr.

**M<sub>éch</sub>** : est la masse de l'échantillon végétal en gr (clémence et dongmo, 2009).

### I-3.4. L'activité insecticide

Le test d'activité insecticide de *Mentha piperita* et *Ricinus communis* (huile essentielle et extrait hydro-alcoolique) sur le puceron *Aphis spiraecola* et la coccinelle *Coccinella septempunctata* a été inspiré de la technique de l'organisation mondiale de la santé (OMS, 1963). Les tests ont été réalisés au laboratoire de protection des végétaux.

#### I-3.4.1. Préparation des dilutions

Les préparations des dilutions ont été obtenues selon le protocole suivant : des concentrations de très faibles à très concentrés ont été choisies afin de tester le pouvoir insecticide de ces substances.

- Pour chacun des extraits hydroalcoolique de la menthe poivrée, le ricin commun et l'extrait synergique (50% menthe poivrée –50% ricin commun), des solutions d'un volume de 20 ml de concentrations croissantes sont préparées par dilution dans l'eau distillée de 5% , 10% , 15% , 20%, 25% , 30% , 35% , 40% et un témoin positif avec acétone de 60%.
- Pour l'huile essentielle de la menthe poivrée, des solutions d'un volume de 10 ml de concentration croissantes ont été préparées par dilution dans l'acétone 70% de 0,5% - 1% - 1,5% - 2% et un témoin positif avec l'acétone de 70%.
- Et témoin négatif avec de l'eau distillée

#### I-3.4.2. Test de contact

Un volume de chaque dilution préparé est évalué par pulvérisation sur les feuilles saines de bigaradier (qui servira de support de nourriture pour les pucerons) contenant 5 pucerons, qui ont été prélevées à l'aide d'un pinceau et mises dans des boîtes de pétri aérées de 9 cm de diamètre et de 1,8 cm de hauteur contenant du papier filtre imbibé de même diamètre que la boîte de pétri, ce dernier permet de garder l'humidité et la fraîcheur de la feuille le plus longtemps possible.



**Figure 29 : Une boîte de Pétri préparée pour le test (Originale, 2016)**

Le même nombre de puceron a été placé dans les boîtes de témoin (positif et négatif) ; le témoin négatif est pulvérisé juste avec l'eau distillée, et le témoin positif a été pulvérisé avec l'acétone dilué.

Pour chaque traitement, les tests ont été répétés 5 fois et les témoins ont servi de références.

Après le traitement, les boîtes sont bien fermées par le para-film (Bouras et Benhamza, 2013) ;

Chaque traitement du test a été effectué sur les coccinelles aussi en modifiant le support de nourriture par les pucerons.

Le test a été effectué dans les conditions de température de  $22 \pm 3^\circ\text{C}$  et d'une humidité relative de  $48 \pm 9\%$ , photopériode naturelle de 8/16.

### **I-3.4.3. Paramètres étudiés**

Nous avons choisi essentiellement 1 seul paramètre : l'effet des différentes concentrations des extraits à l'échelle chronologique (après 24h, 48h, 72h et 7j) pour le suivi

#### **I-3.4.3.1. Le taux de mortalité**

Le taux de mortalité (%) est déterminé pour chaque traitement après 24h, 48h, 72h et 7j après la pulvérisation.

Un produit est dit efficace par l'évaluation de la mortalité ; le dénombrement des individus morts dans une population traitée par un toxique n'est pas le nombre réel des individus tués par ce toxique, si on prend en considération la mortalité naturelle qui était observée dans le témoin négatif. La mortalité après l'exposition doit être corrigée en utilisant la formule d'Abott (Bouras et Benhamza, 2013) :

$$\text{Mc}\% = [(\text{M}_0\% - \text{M}_T\%) / (100 - \text{M}_T\%)] \times 100$$

**Mc%** : mortalité corrigée exprimé en %.

**M<sub>0</sub>%** : mortalité observée après la pulvérisation.

**M<sub>T</sub>%** : mortalité observé dans le témoin.

#### **I-3.4.3.2. Détermination de la DL<sub>50</sub>, DL<sub>90</sub> et DL<sub>100</sub>**

L'efficacité d'un toxique se mesure par sa DL<sub>50</sub>, DL<sub>90</sub> et DL<sub>100</sub> qui représentent les quantités de substance toxique entraînant la mort de 50%, 90% et 100% des individus d'un même lot respectivement. Elles sont déduites à partir de l'équation de la droite de régression ( $y=a+xb$ ) correspondant aux taux de mortalité corrigée en fonction des concentrations de traitement (wabo – poné, 2005).

**I-4. Analyses statistiques**

Les résultats obtenus du test de l'activité insecticide sont analysés statistiquement avec le logiciel StatBox pour Microsoft Excel 2007 par l'analyse de la variance à deux critères de classification avec un seuil de signification ( $P=5\%$ ), afin de déterminer les liens entre l'effet des concentrations de l'extrait et le taux de mortalité des pucerons. La signification des codes selon Bouras et Benhamza (2013) est comme suit;

0\*\*\* : hautement significatif.

0,001\*\* : très significatif.

0,01\* : significatif.

0,05 : moyennement significatif.

0,1 : peu significatif.

## *Chapitre II*

### *Résultats et discussions*

## II-1. Taux d'humidité de la matière végétale

Les plantes sont essentiellement constituées d'eau. La teneur en eau d'un végétal peut varier selon l'organe, selon le type de plante considéré. L'eau et les nutriments minéraux constituent ce que l'on appelle la sève. Mais, à la différence des animaux, les végétaux ne possèdent pas de pompe pour faire circuler cette sève : c'est la transpiration foliaire qui la fait monter le long des tiges, des racines jusqu'aux feuilles. Car sous l'action de la chaleur fournie par le rayonnement solaire, les feuilles des végétaux transpirent. Ce phénomène très important est appelé l'évapotranspiration.

Les plantes perdent beaucoup d'eau par évapotranspiration. Quant à l'eau restante, elle participe à la photosynthèse des substances organiques dont les plantes ont besoin pour se développer.

Les résultats de nos analyses pour les deux plantes testées ont révélé un taux d'humidité important pour *Mentha piperita* avec un taux de 80% (Fig. 30), ce qui signifie que pour la Menthe, plus de la moitié du poids de la plante fraîche est constituée d'eau. Tandis que pour *Ricinus communis*, un taux d'humidité plus bas fut enregistré (33%), indiquant l'abondance de la matière sèche chez le Ricin (Fig. 30).

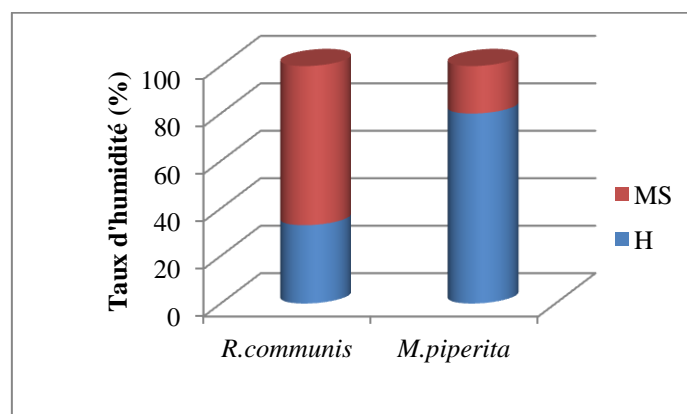


Figure 30 : Taux d'humidité de *R. communis* et *M. piperita*

## II -2. Etudes des extraits

### II -2.1. Rendement

Les rendements des différents extraits sont définis comme étant les rapports de la quantité des substances végétales extraites sur la quantité de la matière végétale utilisée.

### II -2.1.1. Extrait hydro-alcoolique

L'extraction par le dispositif de Soxhlet permet l'épuisement total des principes actifs dans la matière végétale ; ce qui est représenté par la variation de la couleur chez *Mentha piperita* du vert sombre au clair (Fig. 31), alors que pour *Ricinus communis*, du marron sombre au clair.



**Figure 31. Les cycles d'extraction par l'extracteur de Soxhlet de l'extrait hydro-alcoolique de *M. piperita* (Originale, 2016)**

Les rendements obtenus des extraits hydro-alcooliques des feuilles sèches de *M. piperita* et de *R. communis* sont de 30,5% et 36,5% respectivement. Ces valeurs sont bien inférieures à celles obtenus par Neggaz (2015) suite à l'extraction des feuilles fraîches qui a permis d'avoir des rendements respectifs de 61,29 et 39,27%. Alors qu'un rendement de 35% a été noté par Osman (2014) lors de l'extraction des feuilles fraîche de *R. communis*.

### II -2.1.2. Huile essentielle

De nombreuses techniques permettent d'extraire l'huile essentielle des plantes et de préserver leurs composés volatiles. Ces techniques d'extraction évoluent dans le but d'améliorer le rendement d'extraction ainsi que la qualité de l'huile essentielle obtenue.

L'analyse des caractères organoleptiques a été effectuée en observant et en inhalant directement l'huile essentielle ;

La couleur de l'huile essentielle est un paramètre important pour certaines applications, on peut la déterminer directement par les yeux ;

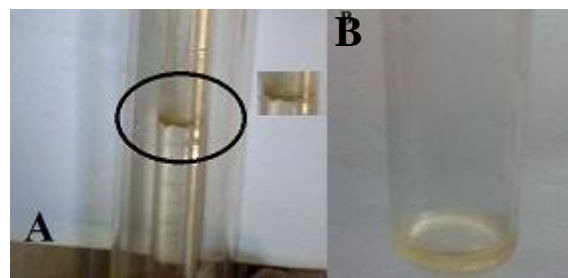
Pour cette étude, trois critères sont considérés pour évaluer la qualité organoleptique :

- L'odeur ;
- La couleur ;
- L'aspect.

**Tableau 8 : Le rendement de l'huile essentielle des plantes étudiées**

Espèce	Rendement
<i>M. piperita</i>	0,13%
<i>R. communis</i>	trace

Lors de cette manipulation, 6000 gr de feuilles fraîches de *M. piperita* fut utilisée, ce qui a permis d'obtenir un rendement d'extraction de 0,13% par l'entraînement à la vapeur et l'appareil de type Clevenger. En comparant nos résultats avec ceux de Bouhadiba (2014) et d'AFNOR(2010) qui ont relevé des rendements respectifs de 0,38 et 1,2%, nous pouvons dire que nos résultats restent assez faibles. Il faut noter que les différences aussi minimes qu'elles soient sont dues essentiellement à plusieurs facteurs à savoir l'espèce, le milieu et la période de récolte, les pratiques culturales et la technique d'extraction.

**Figure 32 : Huiles essentielles : A- *R. communis* ; B- *M. piperita* (Originale, 2016)**

### II -3. Activité insecticide

D'après Regnault-Roger (2002), la toxicité des extraits hydro-alcooliques et l'huile essentielle de *M. piperita* ont un effet insecticide confirmé sur *Aphis spiraecola* avec des variations de toxicité qui sont liées à la composition chimique, de même que pour les extraits hydro-alcooliques des plantes toxiques comme *R. communis*.

Selon Noudjou (2007), l'effet combiné de plusieurs composés terpéniques (effet de synergie des composés) est signalé dans l'activité insecticide.

Les pucerons et les coccinelles sont exposés à différents traitements à base d'extraits hydro-alcoolique (polyphénolique) (de la menthe poivrée, le ricin commun et extrait synergique) et l'huile essentielle de la menthe poivrée. Le suivi a été fait en 24h, 48h, 72h, et 7J.

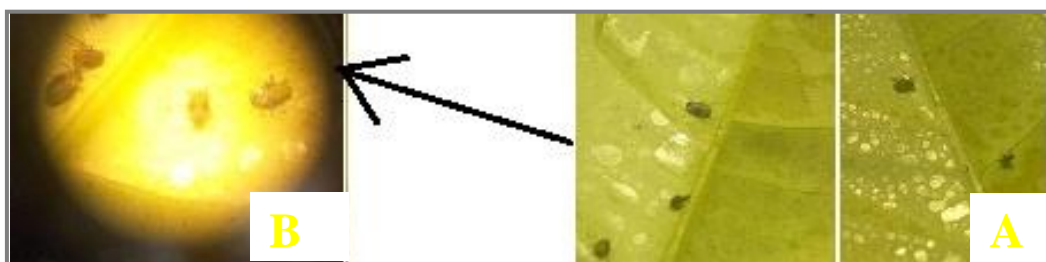
La mortalité des pucerons a été enregistrée 24h après l'exposition pour tous les extraits tandis que la mortalité dans les témoins positif et négatif n'a été notée qu'après 48h d'exposition.

D'après Hullé *et al.* (2010), les conditions favorables au développement des pucerons montrent que la vitesse de développement et de fécondité dépendent de la température. Le degré Celsius minimal de leur développement est de 4°C en moyenne. En dessous de ce seuil, ils ne se multiplient plus. Entre 4°C et 22°C, ils se multiplient d'autant plus vite que la température s'élève. Au delà de 22°C, leur développement ralentit à nouveau. Pour devenir adulte, une femelle puceron a besoin en moyenne de 120°C. En effet, dans le monde des insectes, le temps de génération est très court.

La moyenne de température enregistrée lors de notre teste était de  $22\pm 3^{\circ}\text{C}$ , une condition favorable pour le développement des pucerons qui a été confirmée par la naissance de nouveaux stades L1 dans les boites de Pétri traitées par les extraits des plantes, les naissances sont enregistrées à 24h de l'essai pour les pucerons traités. Différemment, les naissances des pucerons sur le témoin n'ont été enregistrées qu'après 48h, ceci pourrait être expliqué par la réaction de survie que peut engendrer le contact des pucerons adultes avec les extraits utilisés en provoquant des naissances accélérées.

La présence des exuvies sur les feuilles traitées est un indicateur du passage d'un stade à un autre des pucerons étudiés (au stade adulte aptère et ailé).

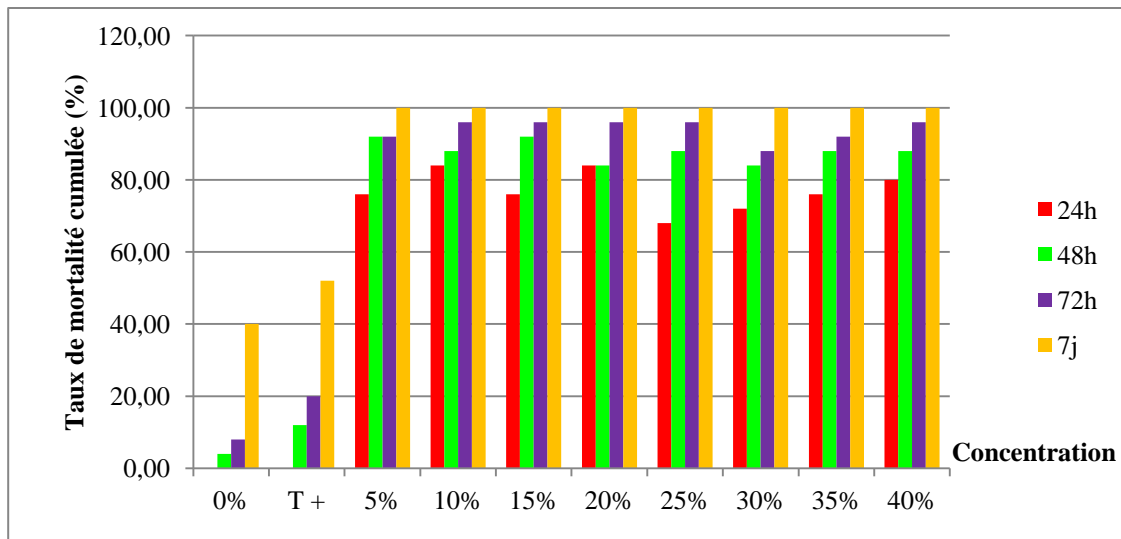
D'après nos observations, les extraits ont un effet sur les facultés motrices de l'insecte ainsi que son système nerveux, même à faible concentration. Après l'exposition aux traitements les pucerons perdent le contrôle de leurs pattes et commencent à secouer une seule patte en montrant une nette paralysie, ils restent sur cet état avec un changement de couleur de vert à marron foncé suivie de leur mort (Fig. 33).



**Figure 33 : Effet des traitements sur les pucerons étudiés A-des pucerons paralysés B-des pucerons morts (Originale, 2016)**

### II -3.1. Traitement par l'extrait polyphénolique de *M. piperita*

La figure 34 montre l'évolution des taux des mortalités cumulées d'*Aphis spiraecola* par rapport aux témoins en fonction de la dose de l'extrait polyphénolique des feuilles de *M. piperita* utilisée et du temps. On observe une variation du taux de mortalité avec la dose de l'extrait testé et le temps.

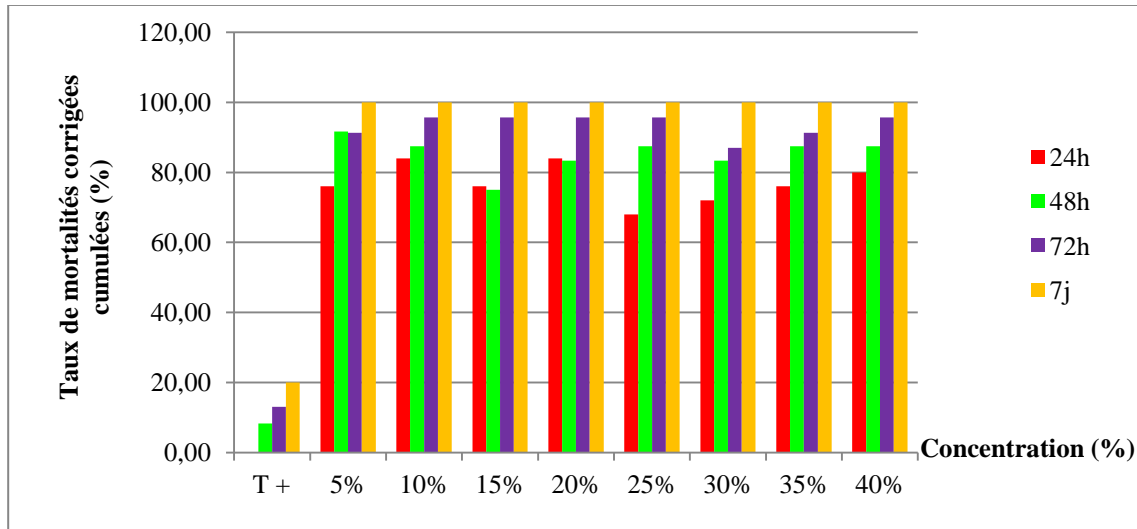


**Figure 34 : L'évolution du taux de mortalité cumulée de *M. piperita* sur *A. spiraecola***

Contrairement au témoin qui n'a marqué aucune mortalité les premières 24h, les huit doses choisies ont montré un effet insecticide important après 72h de l'exposition. Le taux de mortalité de 84% a été observé après 24h pour les doses de 10% et 20%. En revanche, la mortalité des témoins a été estimée à 8% pour le témoin négatif et 20% pour le témoin positif après 72h de l'exposition. Le taux de mortalité de 96%, 96% et 88% a été noté après 72h pour les doses respectives de 10%, 20% et 30%. Ces résultats font mention d'une meilleure efficacité des extraits utilisés lors de nos essais que ceux de Neggaz (2015) où il a été enregistré des taux de mortalité de 20% pour la dose de 10% ; 30% pour la dose de 30% et 50% pour la dose de 20%.

Par ailleurs, Bouhadiba (2014) a enregistré des taux de mortalité différents ; en effet, un taux de 20% a été relevé pour la dose de 25%, et 10% pour 25% après 24h d'exposition à l'extrait polyphénolique.

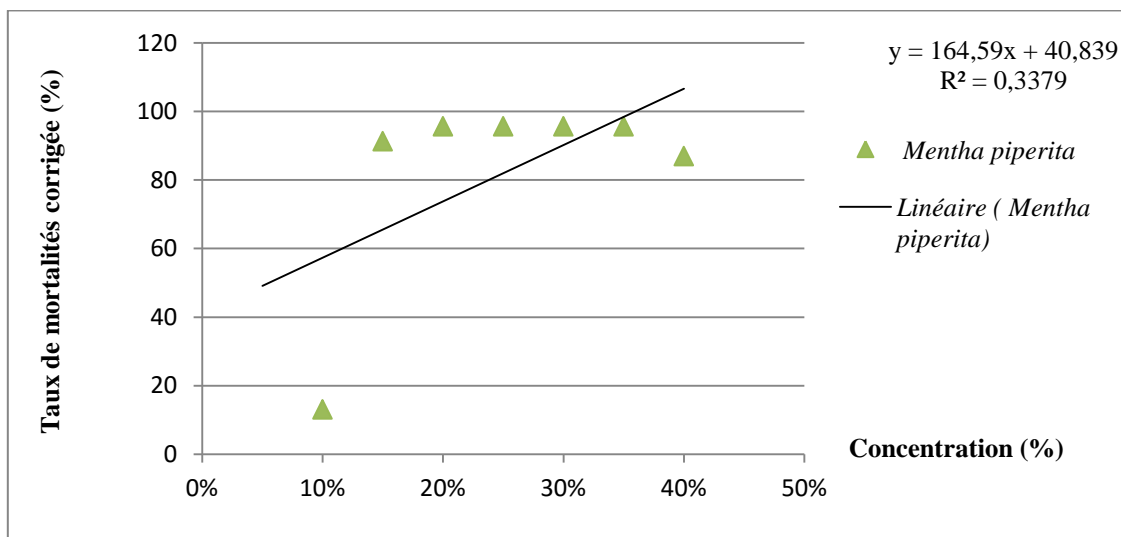
En comparant le taux de mortalité cumulée avec le taux de mortalité corrigée cumulée illustré sur la Figure 35, on constate que les doses 10, 15, 20, 25 et 40% sont les plus efficaces avec un taux de mortalité corrigée de 95,65% après une exposition de 72h.



**Figure 35 : L'évolution de la mortalité corrigée cumulée de l'extrait polyphénolique de *M. piperita* sur *A. spiraeicola***

- **Les doses létales 50, 90 et 100**

A partir de l'équation de la droite de régression linéaire représentée dans la figure 36, correspondant au taux de mortalité corrigée en fonction des concentrations de l'extrait polyphénolique de *M. Piperita* sur *A. spiraeicola*, on a déterminé les doses létales mentionnées dans le tableau 9.



**Figure 36 : L'évolution de la mortalité corrigée de l'extrait polyphénolique de *M. piperita* sur *A. spiraeicola***

**Tableau 9 : Valeurs des doses létales de l'extrait polyphénolique de *M. piperita* sur *A. spiraecola***

DL <sub>50</sub>	5,57%
DL <sub>90</sub>	29,89%
DL <sub>100</sub>	35,96%

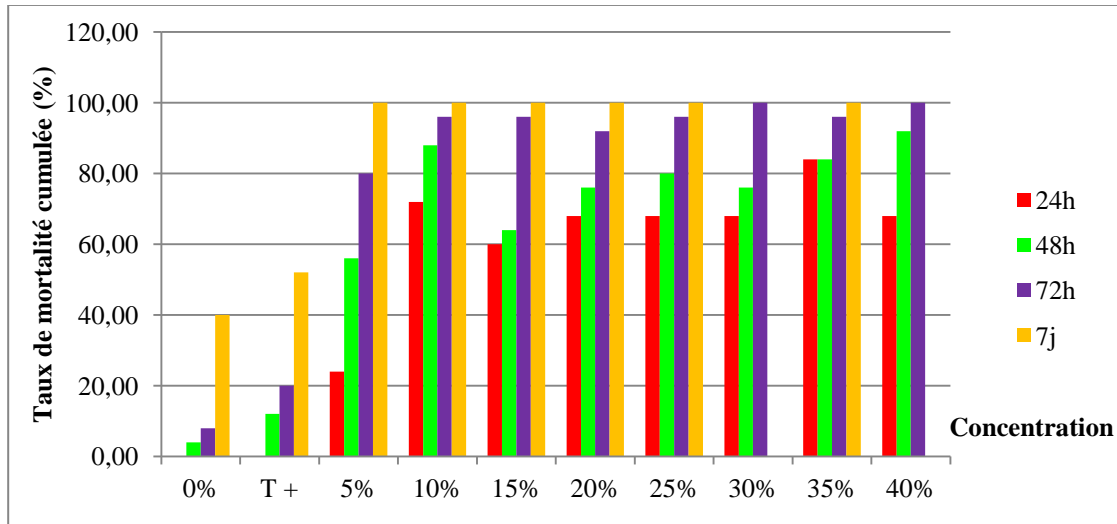
D'après les doses létales obtenues, l'extrait polyphénolique des feuilles sèches de *M. piperita* nécessite une dose basse pour provoquer 50% de mortalité des individus testés, une dose faible pour 90% et une dose moyenne pour une mortalité totale de tous les individus testés contrairement à l'extrait polyphénolique des feuilles fraîches de *M. piperita* obtenues par Neggaz (2015), où 16,66% fut noté pour la DL<sub>50</sub> et 40,67% pour la DL<sub>90</sub>, ceci met en exergue la toxicité de ce dernier par rapport à l'extrait des feuilles séchés.

### II -3.2. Traitement par l'extrait polyphénolique de *R. communis*

La représentation des histogrammes dans la figure 37 indique l'évolution des taux de mortalité cumulée d'*A. spiraecola* par rapport au témoin en fonction de la dose de l'extrait polyphénolique des feuilles de *R. communis* utilisée et du temps. On remarque un effet insecticide important après les 72h pour les huit doses choisies comparativement aux témoins. En effet, les témoins négatifs et positifs n'ont enregistré aucune mortalité qu'après 48h du traitement, où a été enregistré des taux de 4% et 12% suivie par 8% et 20% après 72h et le 7<sup>ème</sup> jrs une mortalité de 40% et 52% respectivement.

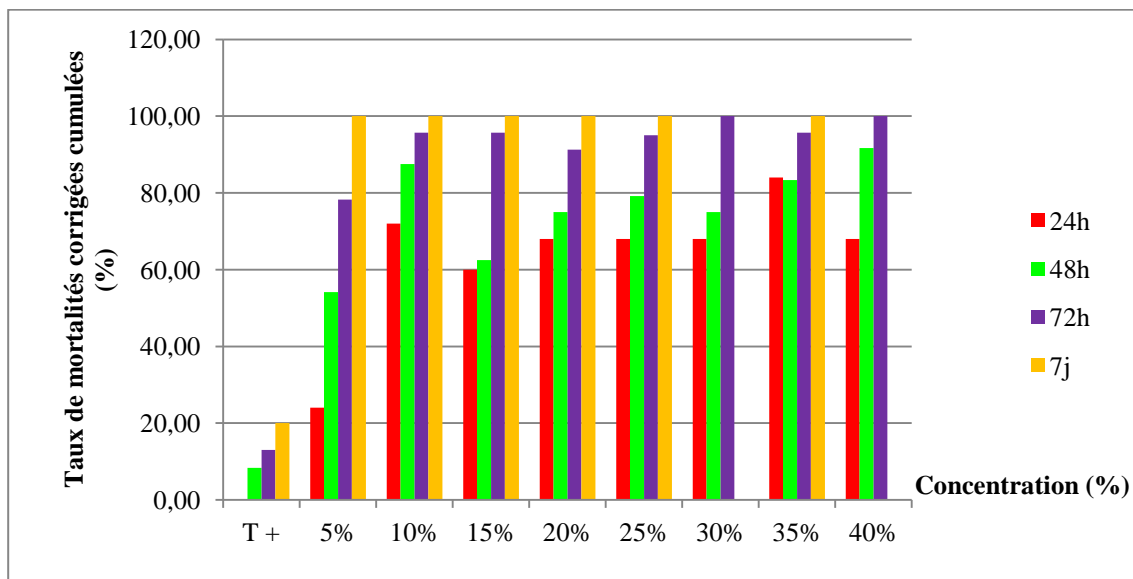
Après 72h d'exposition au traitement, les doses étudiées ont montré une importante activité insecticide pour les doses de 10%, 20% et 30% puisque des taux de mortalité respectifs de 96%, 92% et 100% ont été notés (Fig. 37). Alors que, Neggaz (2015) n'a enregistré que 20%, 35% et 40% de mortalité pour les doses respectives de 10%, 20% et 30%.

La dose 35% a donné le meilleur résultat après un temps d'exposition de 24h avec un taux de mortalité de 84%, tandis que les doses 30% et 40% ont provoqué une mortalité totale de 100% après 72h d'exposition (Fig. 37).



**Figure 37: L'évolution du taux de mortalité cumulée de *R. communis* sur *A. spiraeicola***

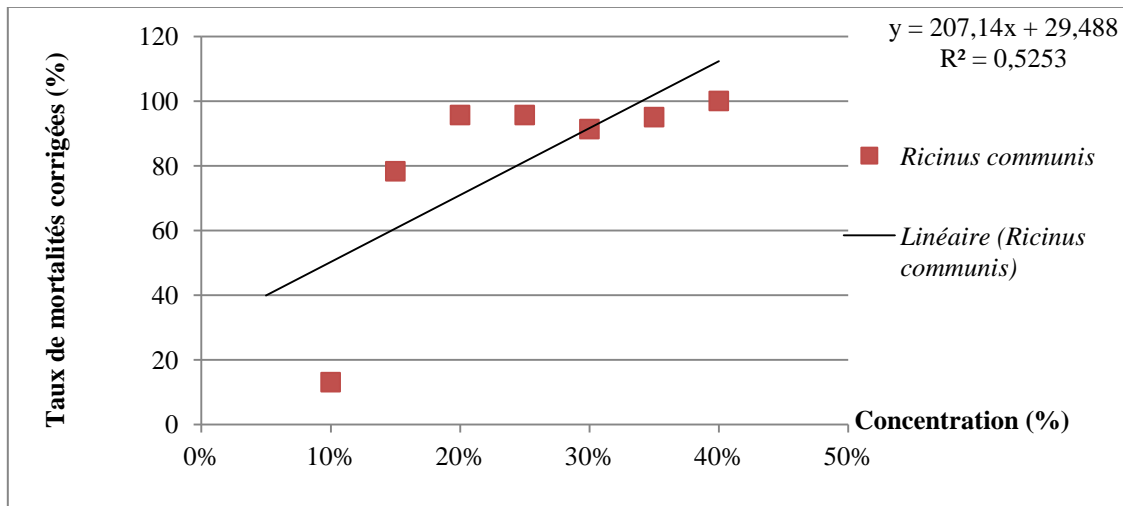
Pour l'évolution de la mortalité corrigée cumulée de *R. communis* sur *A. spiraeicola* illustrée dans la figure 38, les fortes doses sont 30% et 40% induisant une mortalité totale des individus au troisième jour du traitement.



**Figure 38 : L'évolution de la mortalité corrigée cumulée de l'extrait polyphénolique de *R. communis* sur *A. spiraeicola***

- **Les doses létales 50, 90 et 100**

Les doses létales de l'activité insecticide de *R. communis* sur *A. spiraeicola* ont été déterminées à partir de l'équation de la droite de régression représentée dans la figure 39 qui correspond à la mortalité corrigée en fonction des concentrations, ces doses sont représentées dans le tableau 10.



**Figure 39 :** L'évolution de la mortalité corrigée de l'extrait polyphénolique de *R. communis* sur *A. spiraecola*

**Tableau 10 :** Valeurs des doses létales de *R. communis* sur *A. spiraecola*

DL <sub>50</sub>	9,90%
DL <sub>90</sub>	29,22%
DL <sub>100</sub>	34,43%

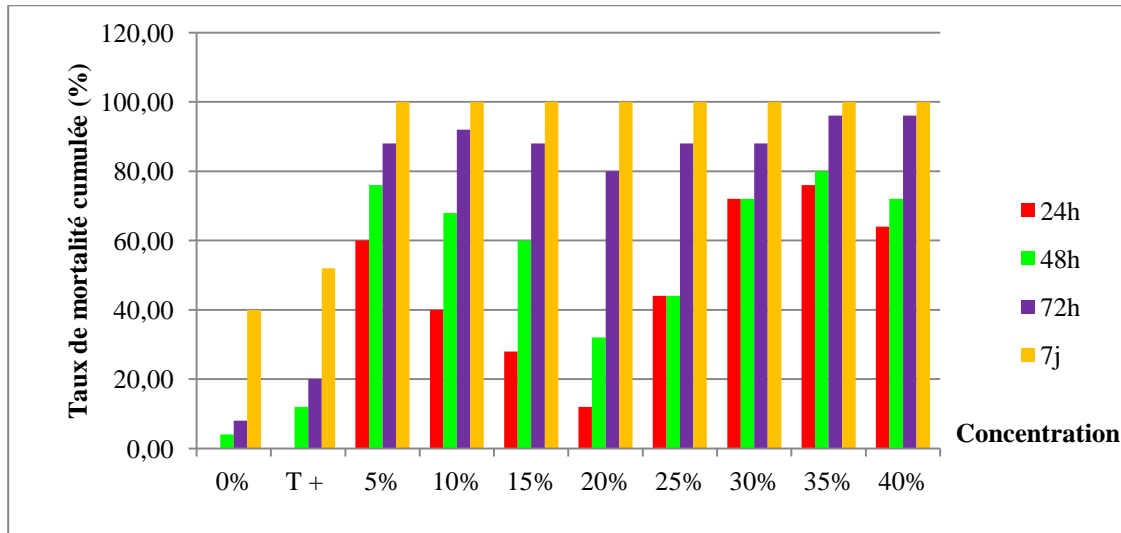
Les doses létales de l'extrait des feuilles sèches de *R. communis* étudiées ont permis de donner des résultats approximativement proche de celle de *M. piperita* pour la mortalité de 50% des individus testé où une dose de 9,90% a été relevée. Par ailleurs, pour la DL<sub>90</sub> une dose faible de 29,22% est nécessaire tandis que pour 100% de mortalité, il faut une dose de 34,43% contrairement aux doses létales obtenues par Neggaz (2015) de l'extrait des feuilles fraîches qui présente une faible toxicité par la DL<sub>50</sub> (13,32%) et la DL<sub>90</sub> (82,72%).

### II -3.3. Traitement par l'extrait synergique

L'extrait synergique est le mélange (50% - 50%) des deux extraits de *R. communis* et de *M. piperita*. dans ce cas on peut déterminer s'il ya une interaction moléculaire entre les deux extraits, ou bien que les molécules de l'un de ces extraits ont favorisé la pénétration de l'autre extrait à travers la cuticule suite à leurs caractère physico-chimique.

Ce teste est réalisé afin d'évaluer l'efficacité de la combinaison des deux extraits comme traitement insecticide contre le puceron.

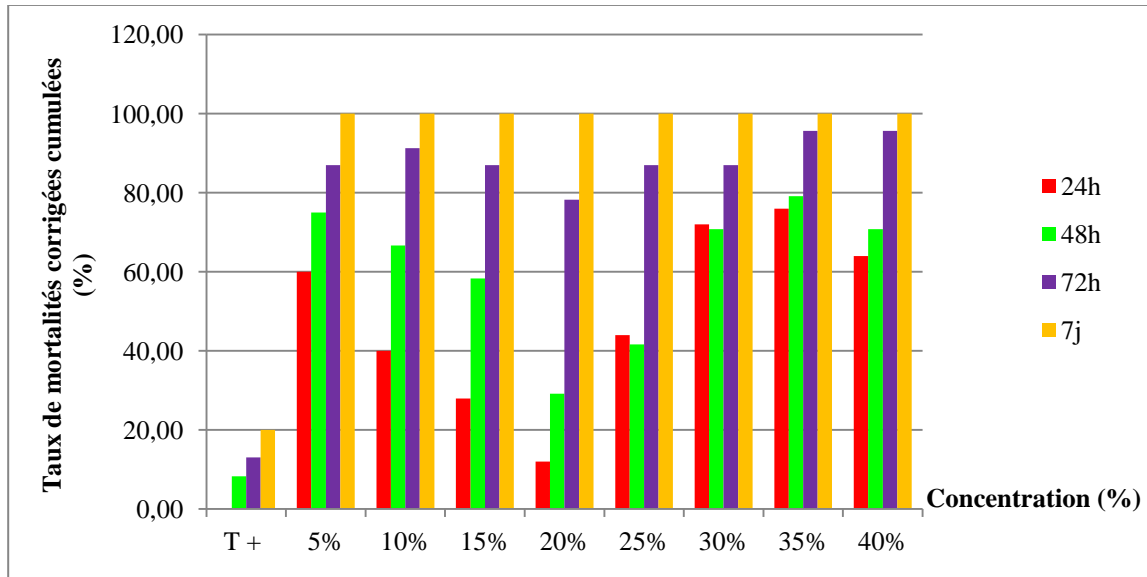
La figure 40 montre l'évolution des taux de mortalité cumulée d'*A. spiraecola* par rapport aux témoins en fonction de la dose de l'extrait synergique utilisée et du temps. On observe une variation du taux de mortalité avec la dose de l'extrait testé et le temps.



**Figure 40 : L'évolution du taux de mortalité cumulée de l'extrait synergique sur *A. spiraecola***

Les doses choisies montrent un effet insecticide après 24h de l'exposition, on observe un taux de mortalité de 76% pour la dose 35%. En revanche la mortalité des témoins (positif et négatif) a été estimée à 0% après 24h ; tandis qu'à 72h après, des taux de 20% ont été relevés pour le témoin positif et 8% pour le témoin négatif. Les taux de mortalité de 12% et 72% ont été notés pour les doses de 20% et 30% respectivement après 24h d'exposition (Fig. 41), ces résultats sont différents de ceux obtenus par Neggaz (2015), où les taux de mortalité enregistré ont été de 15 et 20% respectivement pour les doses de 30 et 20%.

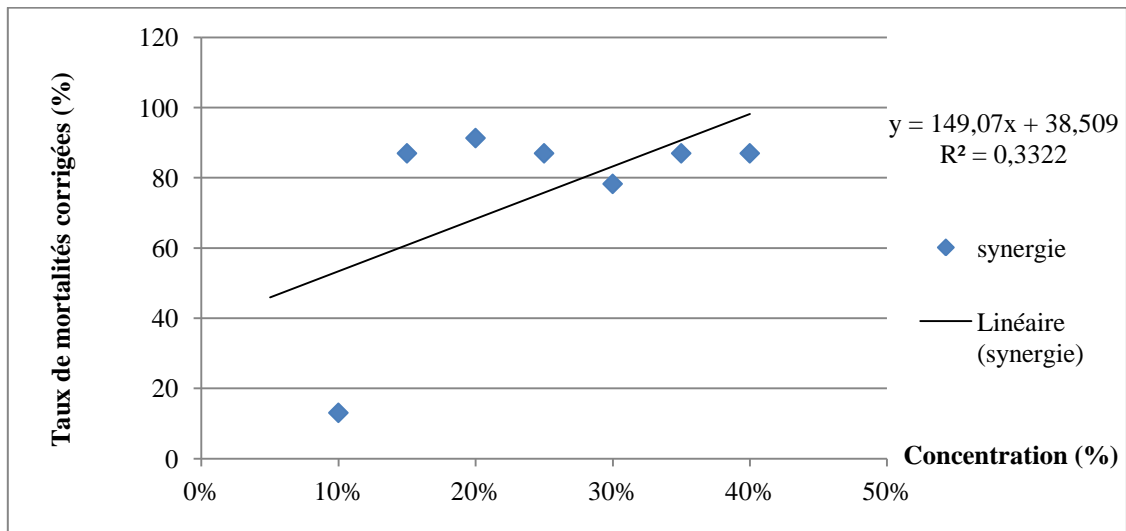
La figure 41 illustre l'évolution des taux de mortalité corrigée d'*A. spiraecola* en fonction de la dose de l'extrait synergique utilisé et le temps. Les plus forte dose (35% et 40%) provoquent une mortalité presque totale avec un taux de 95,65% de pucerons morts au troisième jour d'exposition.



**Figure 41 : L'évolution de la mortalité corrigée cumulée de l'extrait méthanoïque synergique sur *A. spiraeicola***

- **Les doses létales 50, 90 et 100**

Le tableau 11 représente les doses létales 50, 90 et 100 de l'extrait synergique des deux plantes par la courbe de régression linéaire qui est illustrée sur la Figure 42.



**Figure 42 : L'évolution de la mortalité corrigée de l'extrait synergique sur *A. spiraeicola***

**Tableau 11 : Valeurs des doses létales de l'extrait synergique sur *A. spiraeicola***

DL <sub>50</sub>	7,71%
DL <sub>90</sub>	34,56%
DL <sub>100</sub>	41,27%

D'après les doses obtenues, la DL<sub>50</sub> de l'extrait synergique a présenté une dose moyenne par rapport aux DL<sub>50</sub> du *M. piperita* et *R. communis* ; comparativement avec Neggaz (2015), l'extrait synergique des feuilles sèches est plus toxique par rapport aux feuilles fraîches avec 11,66% pour la DL<sub>50</sub> et de 35,67% pour la DL<sub>90</sub>.

### II -3.4. Traitement par l'huile essentielle de *M. piperita*

Les figures 43 et 44 résument l'évolution des taux de mortalité cumulée et de mortalité corrigée d'*A. spiraeicola* par rapport aux témoins en fonction de la dose de l'huile essentielle de *M. piperita* utilisée et du temps d'exposition.

Les résultats obtenus ont permis de remarquer que l'huile essentielle de *M. piperita* a un effet léthal considérable sur le puceron.

Les taux de mortalité cumulée de l'huile essentielle des feuilles fraîches appliquées sur *A. spiraeicola* font ressortir que la dose 2% note une activité insecticide importante après 24h, ceci est justifié par le taux de mortalité de 100% enregistré comparativement aux témoins négatif et positif qui n'ont présenté aucune mortalité. Pour la dose de 0,5% et 1,5% une mortalité de 76% a été relevée, alors que 92% de mortalité a été enregistrée pour la dose 1%, cela après 24h d'exposition au traitement (Fig. 43).

La dose de 2% a donné le meilleur résultat avec une mortalité totale des pucerons (100%) et cela dès le premier jour (24h) d'exposition, suivi par la dose de 1% qui a été également efficace après 72h enregistrant une mortalité totale de 100%. Ces résultats sont assez différents de ceux obtenus par Bouhadiba (2014), en effet, cette dernière a obtenue des taux de mortalité respectifs de 78,5% et 94% pour les doses respectives de 1% et 2% après 72h de traitement.

Ceci pourrait être lié à la qualité des feuilles fraîches utilisées lors des deux études. Où la menthe récoltée de la région de Sidi fellag paraît plus toxique que celle de Sonactère.

Il serait intéressant de faire une étude comparative des composants des plantes de chaque région dans les prochains travaux.

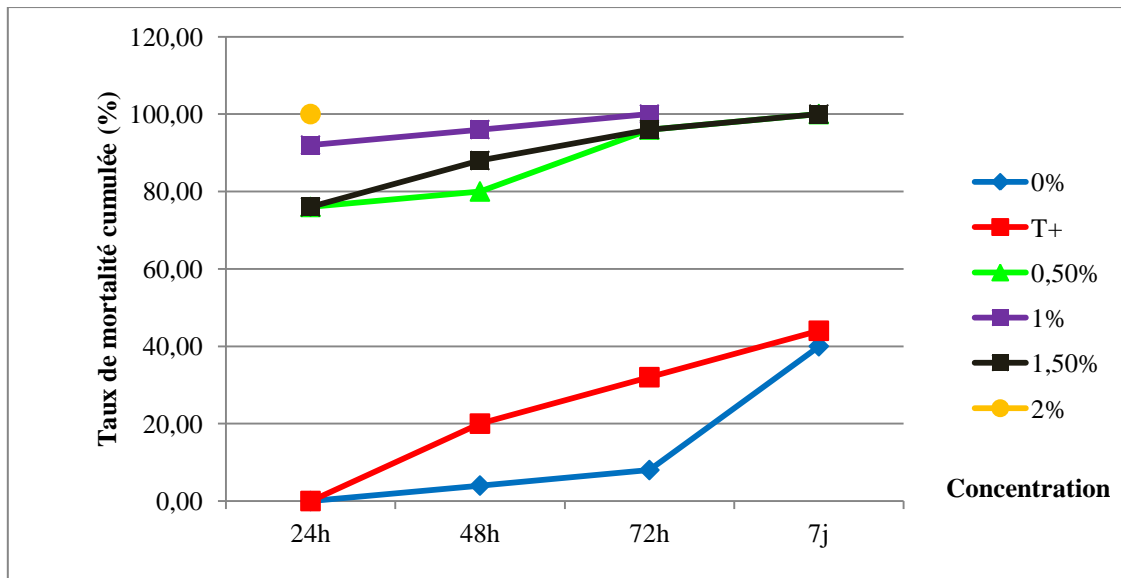


Figure 43 : L'évolution du taux de mortalité cumulée de l'huile essentielle de *M. piperita* sur *A. spiraecola*

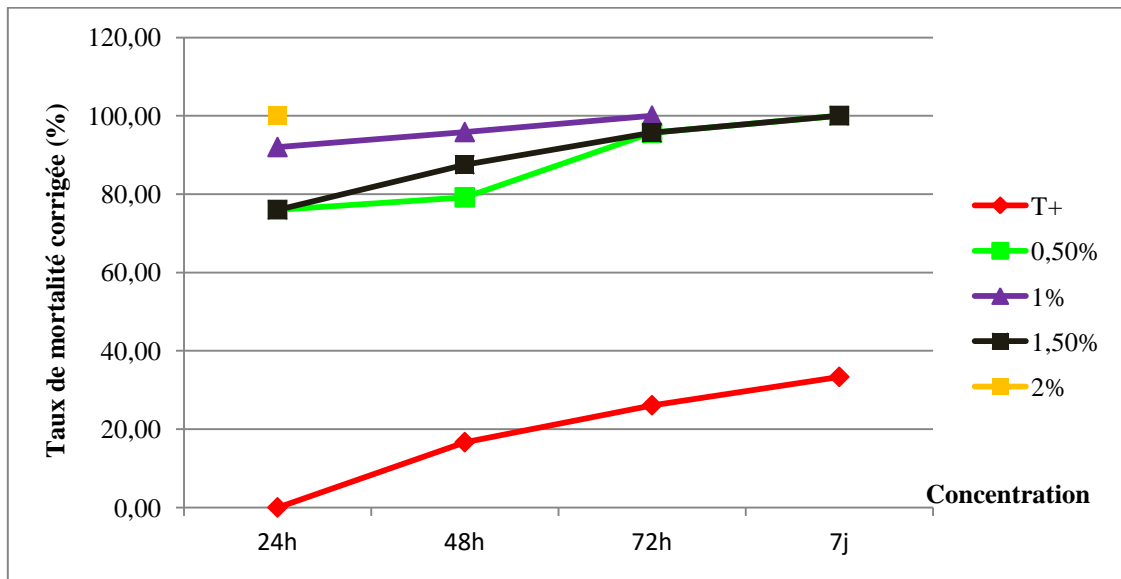
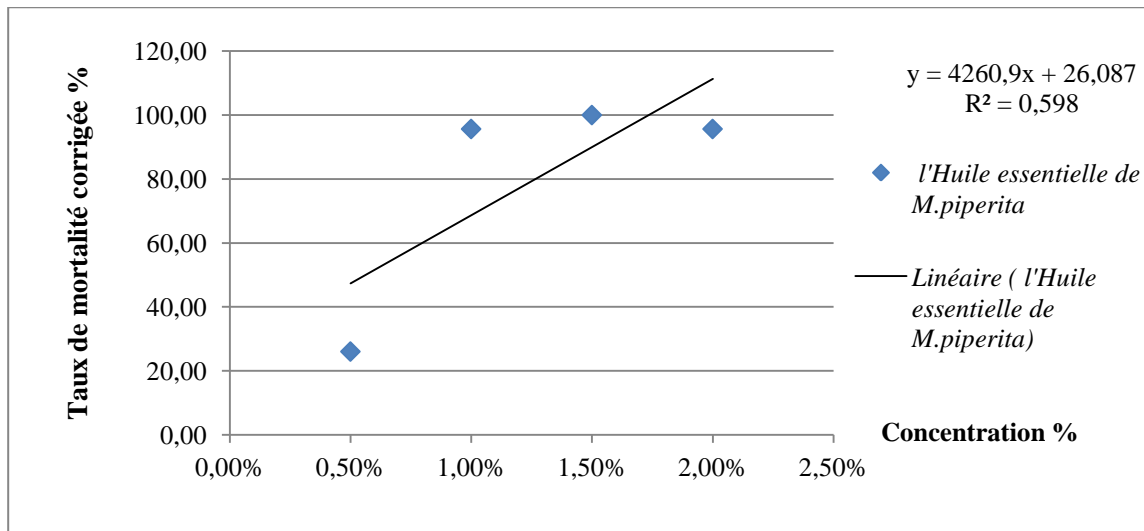


Figure 44 : L'évolution de la mortalité corrigée de l'huile essentielle de *M. piperita* sur *A. spiraecola*

- **Les doses létales 50,90 et 100**

Le tableau 12 résume les doses létales 50, 90 et 100 de l'huile essentielle de *M. piperita* sur *A. spiraecola* ; pour une mortalité de 50% des individus traités, on peut dire qu'une dose plus faible de 0,1% traduit la toxicité de ce traitement.



**Figure 45 : L'évolution de la mortalité corrigée de l'huile essentielle de *M.piperita* sur *A. spiraecola***

**Tableau 12 : Valeurs des doses létales de l'huile essentielle de *M. piperita* sur *A. spiraecola***

DL <sub>50</sub>	0,1%
DL <sub>90</sub>	1,50%
DL <sub>100</sub>	1,73%

La comparaison entre les valeurs obtenues de DL<sub>50</sub>, nous permet de remarquer que la DL<sub>50</sub> de l'huile essentielle est la plus basse si on la compare avec la DL<sub>50</sub> de l'extrait de la menthe ce qui notifie que l'huile essentielle à un effet insecticide important contrairement à son extrait.

Tous ces tests effectués peuvent certifier que le traitement des pucerons par l'huile essentielle de la menthe poivrée pourrait être un bon moyen de lutte naturelle à préconiser dans le contrôle des populations aphidiennes.

Les résultats obtenus à court ou à long terme pourraient être intéressants et prometteurs pour développer des insecticides à base de menthe poivrée.

### II-3.5. Comparaison entre l'activité insecticide des deux plantes sur le puceron

La comparaison du pouvoir insecticide des deux plantes étudiées à savoir le Ricin et la Menthe sur les populations du puceron des agrumes *A. spiraecola* est reportée sur la figure 45. Des taux de mortalité différents ont été notés pour les deux plantes. Une mortalité importante de l'ordre de 92% a été notée à la concentration 5% de la menthe, alors qu'à la même dose, un taux de mortalité de 80% a été relevé pour le ricin.

En outre, à la concentration 30% et 40% du ricin une mortalité totale de 100% fut notifiée par rapport à la menthe où des taux de mortalité respectifs de 88 et, 96% furent enregistrés. Les concentrations 10%, 15%, et 25% des deux plantes présentent une mortalité de 96%. Ces résultats indiquent que les doses 30% et 40% du ricin sont les plus fortes doses qui tuent la totalité de la population. Ces résultats sont différents de ceux obtenus par Neggaz (2015), où le traitement par la menthe a donné des résultats plus efficaces que le traitement par le ricin.

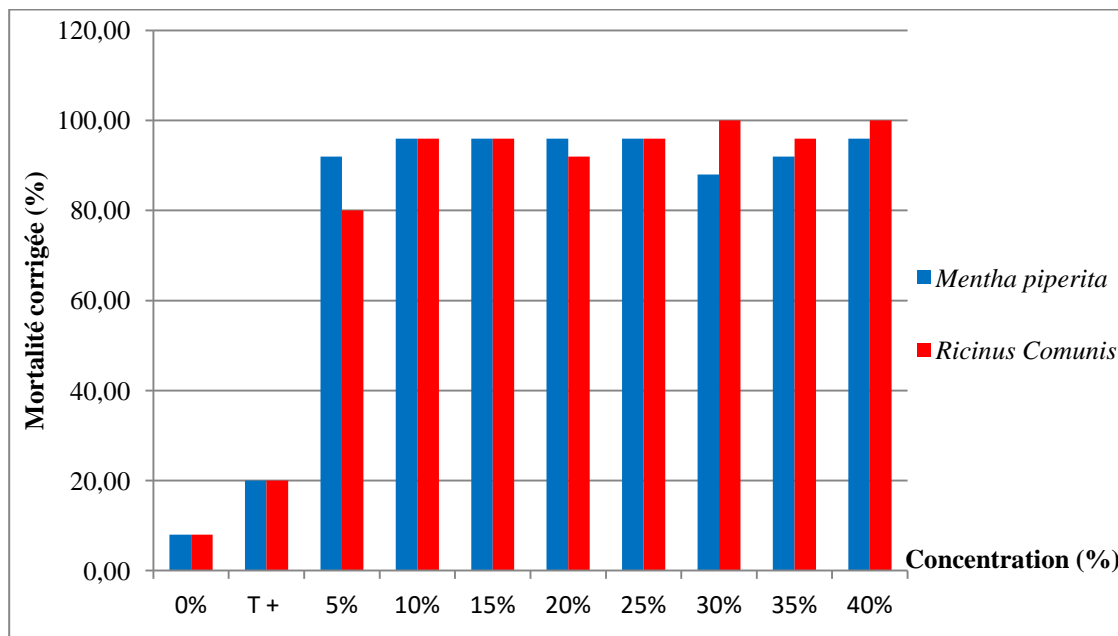
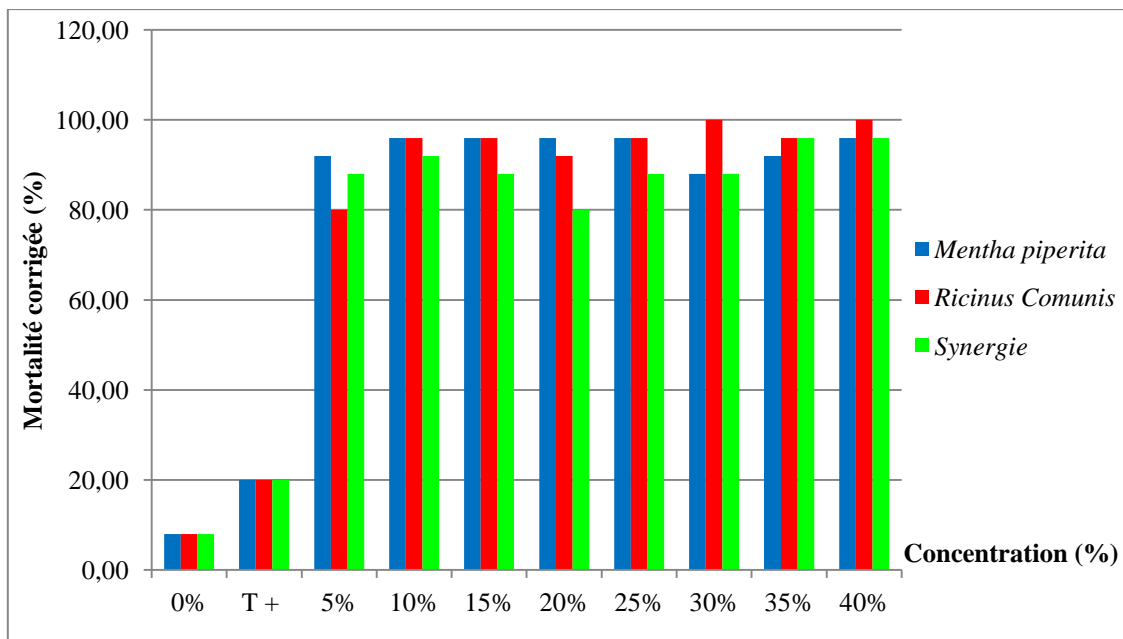


Figure 46 : Comparaison de l'activité insecticide de la Menthe et le Ricin sur *A. spiraecola*

### II-3.6. Comparaison entre l'activité insecticide des deux plantes et leur synergie sur le puceron

La figure 46 résume la mortalité enregistrée au cours du traitement. L'effet synergique des deux plantes sur les pucerons reste inférieur par rapport à leurs extraits, soit par rapport à l'un des extraits ou par rapport aux deux extraits en même temps. Sur les doses de 10%, 15% et 25% l'effet des deux extraits sont plus efficaces (96%) que leur synergie (92%, 88% et 88% respectivement). Les doses 35% et 40% ont été retenues comme étant les plus efficaces pour l'extrait synergique, mais il reste moins efficace à comparer avec l'extrait polyphénolique du ricin avec une mortalité totale de l'ordre de 100%.



**Figure 47 : Comparaison de l'activité insecticide entre la Menthe, le Ricin et leur synergie sur *A. spiraecola***

### II-3.7. Effet des traitements sur *Coccinella septempunctata*

Les figures 47 et 48 montrent l'effet de l'activité insecticide de nos quatre traitements sur *Coccinella septempunctata*, après 7 jours d'exposition aux traitements, aucune mortalité n'a été observée chez les coccinelles pour toutes les doses utilisées, par contre, une mortalité de 100% a été relevée pour la dose 2% de l'huile essentielle après 24h d'exposition.

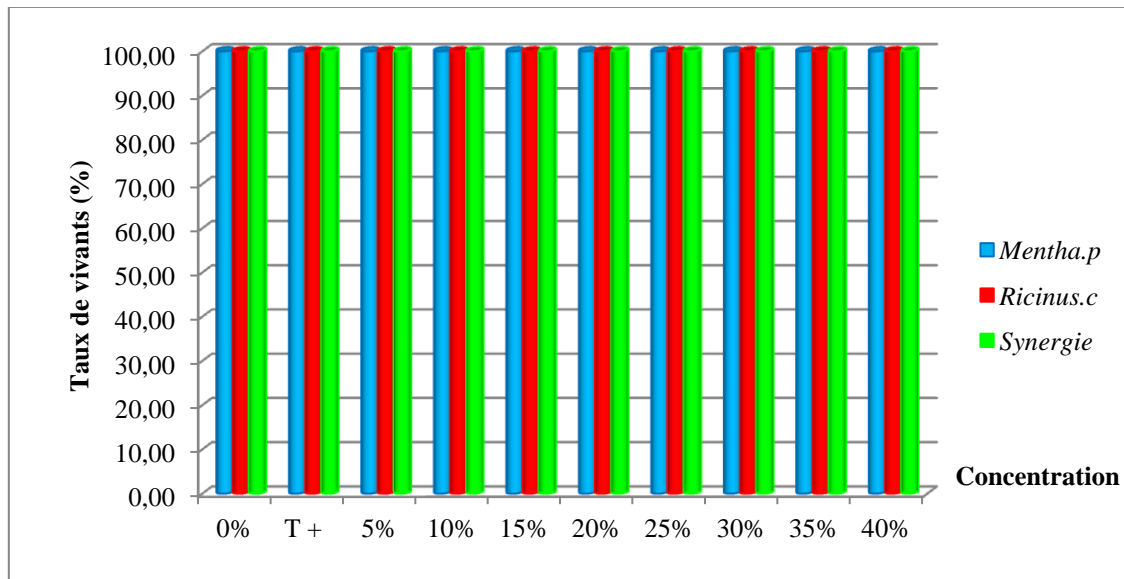


Figure 48 : L'effet des extraits polyphénoliques sur *Coccinella septempunctata*

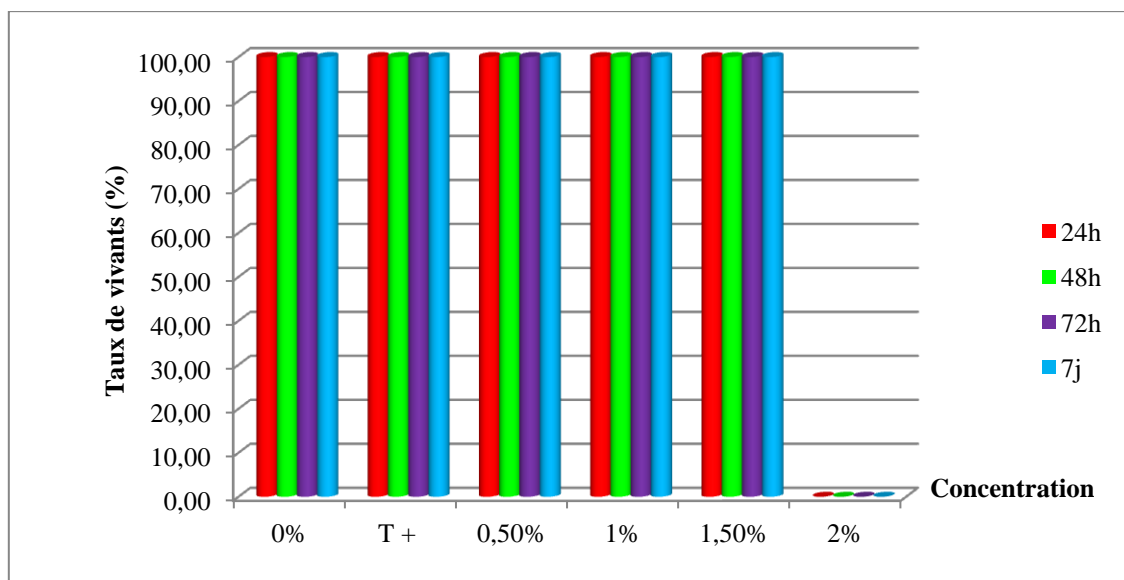


Figure 49 : L'effet d'huile essentielle de *M. piperita* sur *Coccinella septempunctata*

#### II-4. Analyses statistiques

L'analyse de la variance à deux critères de classification indique une différence non significative pour le facteur traitement (extrait *R. communis*, *M. piperita* et l'extrait synergique) ( $F=2,650$  et  $P= 0,0980$ ) et une différence hautement significative pour le facteur concentration (Témoins, 5%, 10%, 15%, 20% ,25%, 30%, 35%, 40%) ( $F= 182,980583$  et  $P= 0,000$ ).

Le teste de Newman-Keuls, au seuil de signification 5%, classe les 10 doses dans 3 groupes homogènes. Le groupe B correspond au témoin positif et la dose 5%, le groupe A correspond au doses restantes et le groupe C correspond au témoin négatif.

Le facteur de traitement par les extraits végétaux n'est pas significatif, on peut expliquer cela par la présence des molécules agissant par des mécanismes biologiquement semblables dans les extraits brutes par exemple le groupe des poly-phénols qui est présent presque dans tous les extraits végétaux brutes.

L'extrait polyphénolique de *R. communis* donne des résultats plus importants par rapport aux autres extraits.

La classification obtenue par le test de Newman-Keuls (Annexe 8) regroupe la dose 5% et le témoin positif (Acétone 60%) dans le même groupe, ce qui démontre que l'acétone possède un effet toxique de l'ordre de 20%.

Le groupe C représente le témoin négatif (eau distillée) avec une moyenne de 8%, par contre le plus grand effet est enregistré dans le groupe A qui représente les doses 10%, 15%, 20%, 25% ; 30%, 35% et 40 %.

L'analyse de la variance de l'huile essentielle de *M. piperita* à un critère de classification indique une différence hautement significative pour le facteur concentration (Témoins - 0,5% - 1% - 1,5% et 2%) ( $P=0,00$ ) avec un effet léthal considérable sur le puceron.

Les groupes selon le test de Newman-Keuls montrent que 1% et 2% sont les doses les plus efficaces de l'huile essentielle, puisque la mortalité des insectes était presque totale et cela dès les premières 24h qui suivent le traitement. Tandis que les dilutions 0,5% et 1,5% sont les moins efficaces comparativement aux doses précédentes mais plus élevés par rapport au témoin. (Annexe 9)

*Conclusion*

---

## Conclusion

L'objectif principal de ce travail était de trouver une alternative aux insecticides synthétique via des insecticides constitués uniquement de composés naturels et biologiques en testant les extraits polyphénoliques et les essences des plantes médicinales.

Les tests ont été effectués sur le puceron d'agrumes *Aphis spiraecola* dans le but de contrôler ses populations, par les extraits polyphénoliques de *Ricinus communis*, *Mentha piperita* et leurs synergie ainsi que l'huile essentielle de *Mentha piperita*. Nous avons également testé ces extraits sur la coccinelle *Coccinella septempunctata*, qui fait partie des ennemis naturels des pucerons, et qui nécessite d'être préserver.

Les résultats obtenus lors de cette recherche notent que les extraits polyphénoliques des deux plantes utilisée à savoir, *Ricinus communis* et *Mentha piperita* manifestent une activité insecticide sur l'*Aphis spiraecola*, et pas sur *Coccinella septempunctata*. L'huile essentielle de la menthe poivrée a provoqué un taux de mortalité de 100% après 24h seulement ; ceci pour la dose 2%. Cette dose a également induit la mortalité des coccinelles, ce qui nous oblige à reconsidérer son utilisation et de recommander d'autres testes en utilisation in vivo pour essayer de voir l'effet de cet huile sur la faune utile. Le Ricin a montré des résultats plus importants comparativement à la menthe et à l'extrait synergique ; en effet, les doses 30% et 40% ont donné les meilleurs résultats avec une mortalité totale (100%) après 72h.

Les plantes synthétise plusieurs substances du métabolisme secondaire ; ces molécules peuvent avoir différents effets chez les insectes, répulsif, attractif, perturbateur du développement .....Etc. leurs toxicité peut être directe ou indirecte sur les organes cible (système nerveux).

Le meilleur résultat que nous avons obtenu, celui du Ricin, encourage à préparer des produits naturels à des fins insecticides contre les pucerons des agrumes.

## *Références*

# Références

**A.R.E.X.H.O.R., 2008.** Protection Biologique Integree Contre Pucerons En Culture De Pepiniere Hors-Sol En Culture Exterieur. Association Régionale Pour L'expérimentation Horticole ; Essai N°08P23B. pages 12.

**Abell, A., Juul, S., Bonde, J.P. 2000.** Time to pregnancy among female greenhouse workers. Scandinavian Journal of Work and Environmental Health 26: 131–136.

**Abeyasinghe D.C., Li X., Sun C.D., Zhang W., Zhou C. et Chen K., 2007.** Bioactive compounds and antioxidant capacities in different edible tissues of citrus fruit of four species. Food Chem. Vol.104, pp : 1338–1344.

**Adjdir Z. et bensnoui A., 2009.** Bilan d'une Agrumeraie, cas de la ferme pilote Moussadek Abdalkader (Remchi Wilaya de Tlemcen). Mémoire d'ingénieur, Univ. Tlemcen, 81 p.

**Adli ben Ziane et Yousfi Ismail, 2015.** Plantes médicinales en Algérie. In [<https://sites.google.com/site/pastoraldz/plantes-medicinales/plantes-medicinales/plantes-medicinales-en-algerie>] . Consulté le (7/6/2015)

**AFNOR, 2000.** Huiles essentielles. Echantillonnage et méthodes d'analyse Monographie relatives aux huiles essentielles (Tome2)

**Alavanja, M. C., Bonner, M.R. 2012.** Occupational pesticide exposures and cancer risk: a review. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, 15: 238-263.

**Alavanja, M.C.R., Ross, M.K., Bonner, M.R. 2013.** Increased cancer burden among pesticide applicators and others due to pesticide exposure. CA: A Cancer Journal for Clinicians 63: 120-142.

**Altieri, M.A., Nicholls, C.I., Fritz, M.A., 2005.** Manage insects on your farm: a guide to ecological strategies. Sustainable Agriculture Network, Beltsville, MD

**Anjani, K., 2005.** Purple-coloured castor (*Ricinus communis* L.)-A rare multiple resistant morphotype. Curr. sci. 88(2): 215-216.

**Anonyme 2016.** ([http://fr.wikipedia.org/wiki/Ricin\\_commun](http://fr.wikipedia.org/wiki/Ricin_commun) ). (consulté le 10/04/2016)

**Anonyme, 2010.** ([http://www.awl.ch/heilpflanzen/ricinus\\_communis/index.htm](http://www.awl.ch/heilpflanzen/ricinus_communis/index.htm)). (consulté le 10/04/2016)

**Anonymes, 1999.** Fiches phyto de la Revue suisse de viticulture, arboriculture et horticulture. Page 4.

**Aristide Quillet, 1964.** Encyclopédie du monde végétale histoire de la botanique : la botanique dans l'antiquité, Tome I, Boulevard Saunt-Germain Paris VIe, , Edition Lidis. 102, Champs-elysées, Paris ; d'après l'édition originale Natura viva par Vallardi Edizioni Periodich, 132-138.

- Aslania , M.R ., Malekib ,M ., Mohria, M ., Sharifia,K ., Najjar,V. N ., Afshari ,E., 2007.** Castor bean (*Ricinus communis*) toxicosis in a sheep flock. *Toxicon*. 49: 400–406.
- Audi, J., Belson, M., Patel, M., Schier, J., Osterloh, J., 2005.** Ricin poisoning: A comprehensive review. *JAMA*. 294(18): 2342-2351.
- Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, 2008.** Review MI-Biological effects of essential oils- A review *Food and Chemical Toxicology*; Vol. 46; pp 446–475.
- Ballard, C., Gauthier, S., Corbett, A., Brayne, C., Aarsland, D., Jones, E. 2011.** Alzheimer’s disease. *Lancet* 377: 1019–1031.
- Balz rodolphe, 1986.** Les huiles essentielles et Comment les Utiliser. Ed Lavoisier. Paris.
- Band, P.R., Abanto, Z., Bert, J., Lang, B., Fang, R., Gallagher, R.P., Le, N.D. 2010.** Prostate cancer risk and exposure to pesticides in British Columbia farmers. *The Prostate* 71: 168-183.
- Barr, D.B., Ananth, C.V., Yan, X., Lashley, S., Smulian, J.C., Ledoux, T.A., Hore, P., Robson, M.G. 2012.** Pesticide concentrations in maternal and umbilical cord sera and their relation to birth outcomes in a population of pregnant women and newborns in New Jersey. *Science of the Total Environment* 408: 790-795.
- Baslas RK and Saxena S, 1984.** Chromatographic analysis of dementholised essential oil of *Mentha piperita*, *Indian J Phys Nat Sci*, 4A, 32.
- Baslas RK, 1977.** Essential oil of *Mentha piperita* (L) raised in Kumaon region (India), *Nat Appl Sci Bull*, 29 (2), 75.
- Baudoux D, Blanchard J-M, Malotau A-F, 2006.** Les cahiers pratiques de l’aromathérapie selon l’école française. Volume 4, soins palliatifs. Inspir. Luxembourg. 318p.
- Baudry, O., 1998.** Pomme/Puceron cendré: la petite bête qui monte. *Fruits et Légumes* 161, 56–58.
- Beecher G. R., 2003.** Overview of dietary flavonoids: nomenclature, occurrence and intake. *J. Nutri.*, 133 (10), 3248S-3254S.
- Bianchi, F.J.J.A., Booij, C.J.H., Tschardtke, T., 2006.** Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 273, 1715–1727. doi:10.1098/rspb.2006.3530
- Birkett M.A., Campbell C.A.M., Chamberlain K., Guerrieri E., Hick A.J., Martin J. L., Matthes M., Napier J.A., Pettersson J., Pickett J.A., Poppy G.M., Pow E.M., Pye B.J., Smart L.E., Wadhams G.H., Wadhams L.J. & Woodcock C.M. 2000.** New roles for cis jasmone as an insect semiochemical and in plant defense. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97 (16) : 9329-9334.
- Bjørling – Poulsen, M., Andersen, H.R., Grandjean, P. 2008.** Potential developmental neurotoxicity of pesticides used in Europe. *Environmental Health* 7: 50.

**Blackman R.L et Eastop V.F.,1993.** Aphids on the world's Trees: An identification and Information Guide, Ed.Wiley, London, Uk, 416p

**Boelens M.H., Valverde F., Sequeiros L., & Jimenez R., 1990.** Ten years of hydrodistillation of oils. *Perfumer and Flavorist*, **15**: 11-14.

**Boivin, G., 2001.** Parasitoïdes et lutte biologique: paradigme ou panacée? Centre de Recherche et de développement en Horticulture, Agriculture et Agroalimentaire Canada, VertigO - La revue en sciences de l'environnement sur le web 2.

**Boller, E.F., Häni, F., Poehling, H.-M., 2004.** Ecological infrastructures: ideabook on functional biodiversity at the farm level, temperate zones of Europe. IOBCwprs, Commission on Integrated Production Guidelines and Endorsement, Switzerland.

**Bonnemain J.L. & Chollet J.F. 2003.** Biologie et pathologie végétales / Vegetal biology and pathology. L'arsenal phytosanitaire face aux ennemis des plantes. Considérations générales. *C. R. Biologies*, **326** : 1-7.

**Bouhdiba R., 2014.** Etude de l'effet insecticide de *Mentha piperita* et de *Nerium oleander* sur *Aphis spiraceola*. Mémoire de fin d'étude master II, Biologie. Université Abdelhamid Ibn Badis. Mostaganem

**Bouhdid S, Idaomar M, Zhiri A, Baudoux D, Skali N.S And Abrini J, 2006.** Thymus essential oils: chemical composition and in vitro antioxidant and antibacterial activities- Congrès International de Biochimie. Agadir; Vol; 09; pp12.

**Bounatirou S., Smiti S., Miguel M.G., Faleiro L., Rejeb M.N., Neffati M., Costa M.M., Figueiredo A.C., Barroso J.G., Pedro L.G. ; 2007.** Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of the essential oils isolated from Tunisian Thymus capitatus Hoff. et link. *Food Chemistry*, **105**, 146-155.

**Bouras Asma, Benhamza Soumia, 2013.** Impact de deux extraits végétaux, le basilic *Ocimum basilicum* et l'ail *Allium sativum*, dans la lutte contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* sur six variétés de Tomate *Lycopersicum esculentum* sous abris plastique l'I.T.D.A.S. de Hassi Ben Abdellah –Ouargla. P30-31-32

**Bouwmeester H.J., Verstappen F.W.A., Aharoni A. Lücker J. & Jongsma M.A. 2003.** Exploring multi-trophic plant-herbivore interactions for new crop protection methods. *Proceedings of the International Congress Crop Science & Technology 2003, 10-12 November 2003, Glasgow, Scotland*, **2** : 1123-1134.

**Bremness Lesley, 2005.** Plantes médicinales et aromatiques, Larousse (France). 6,8.

**Brest, O., 1997.** Puceron cendré: les solutions bio. *Alter Agri* **25**, 16–19.

- Brown, M. W., Miller, S. S, 1998.** Coccinellidae (Coleoptera) in apple orchards of eastern West Virginia and the impact of invasion by *Harmonia axyridis*. *Entomological News*, vol. 109(2), pp. 143-151.
- Bruneton J. ; 1999.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Techniques et Documentation. 3ème Ed. Lavoisier. Paris, 199-388.
- Bruneton J., 2008.** Pharmacognosie-phytochimie, plantes médicinales, 2<sup>ème</sup> éd., Paris, Tec & Doc – Edition médicales internationales, p1188
- Bruneton, J. 1993.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, techniques et documentation ,2ème édition .Lavoisier(France) ,422-266.
- Byenda B.M et Nyamangyoku O.I, 2015.** Evaluation In situ des effets d'extraits de *Tephrosia vogelii*, *Tetradenia riparia*, *Capsicum frutescens* et *Nicotiana tabacum* sur les cochenilles et les pucerons des agrumes en conditions écoclimatiques de Kadjucu, Sud-Kivu, R.D. Congo. Congo Sciences Journal en Ligne de l'ACASTI et du Cedesurk Acasti and Cedesurk Online Journal ISSN: 2410---4299, An International Journal ; Volume 3| Number 2| . pages 7.
- Campbell N.A. et REECE J.B. 2009.** Biologie, 2e Edition de Boeck, p.1364, Brussell, Belgium.
- Catier Odile et Danielle Roux. 2007.** Botanique pharmacognosie phytothérapie, cahier du préparateur en pharmacie. Collection de PORPHYRE. 3<sup>ème</sup> édition , Wolters Kluwer. France. 14, 15,
- Chalchat J.C., Gorunovle M.S., Maksimovle Z.A., Petrovle S.D, 2000.** Essential of wild growing *Mentha pulegium* L. from Yugoslavia J. Essent. Oil. Res. 12, 598-600.
- Charles DJ, Jolly RJ and Simonj JE, 1990.** Effect of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint, *Phytochemistry*, 29, 2837-2840.
- Cheema, N. M., Muhammad, A., Ghulam, Q., Malik, A. R., 2010.** Characterization of castor bean genotypes under various environments using SDS6PAGE of total storage proteins. *Pak. J. Bot.* 42(3): 1797-1805.
- Choudhury R.P, Kumar A, Garg A.N 2006.** Analysis of Indian mint (*Mentha spicata*) for essential, trace and toxic elements and its antioxidant behaviour- *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*; Vol. 41; pp 825–832.
- Christian Kaiser, 2015.** Utilisation de pesticides dans une plantation de pommes près de Hambourg/Allemagne. Greenpeace. 29p.
- Chutia M., Bhuyan D.P., Pathak M.G., Sarma T.C. et Boruah P., 2009.** Antifungal activity and chemical composition of *Citrus reticulata* Blanco essential oil against phytopathogens from North East India. *LWT* Vol. 42, pp : 777–780.
- Cicile J.-C., 2002.** Distillation. Absorption Etude pratique. Techniques de l'ingénieur J 2610 pp 1-20.

- Clémence Rosine., Dongmo Momo., 2009.** Clinique et pharmacologique. Evaluation de l'activité antidermatophytique des extraits aux méthanol et fractions d'*acalyphamanniana* (euphorbiacées) et *Tristemma hirtum* (mélastomatacées). Université de Dschang-Master en biochimie. P34.
- Corsini, E., Sokooti, M., Galli, C.L., Moretto, A. & Colosio, C. 2013.** Pesticide induced immunotoxicity in human: a comprehensive review of the existing evidence. *Toxicology* 307: 123-135
- Cottier W., 1953.** Aphid of New Zealand. New Zealan department of scientific and industrail research . Bulletin No. 106
- Cruz De Boelpaepe, M.O., Filipe, M.N., Afonso, V.C., 1987.** Dynamique des populations aphidiennes en verger de pommiers. *La Défense des Végétaux* 246, 5–16.
- Declachaux et Niestlé, 2013.** 500 plantes comestibles « Histoire. Botanique. Alimentation ». 260-261.
- De-Rocca-Sierra, & Ollitrault, P. 1992.** Les ressources génétiques chez les agrumes. *Le courrier de l'environnement de l'INRA*, 3,
- Desmares C., Laurent A., et Delerme C., 2008.** Recommandations relatives aux citères de qualité des huiles essentielles : Contribution pour l'évaluation de la sécurité des produits cosmétiques contenant des huiles essentielles. Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps), France.
- Desphande R.S. & Tipnis H.P. 1977.** Insecticidal activity of *Ocimum basilicum* L. *Pesticides*, **11**(1) : 1-12.
- Dharmawan J., Kasapis S., Curran P. et Johnson J.R., 2007.** Characterization of volatile compounds in selected citrus fruits from Asia. Part I: Freshly-squeezed juice. *Flavour Fragrance J.*, Vol. 22, pp : 228–232.
- Dimitrijevic S.I, Mihajlovski K.R, Antonovic D.G, Milanovic-Stevanovic M.R, Mijin D.Z,2007.** A study of the synergistic antilisterial effects of a sub-lethal dose of lactic acid and essential oils from *Thymus vulgaris* L.,*Rosmarinus officinalis* L. and *Origanum vulgare* L-Food Chemistry; Vol. 104; pp 774–782.
- Dixon A. F. G, 1998.** Aphid ecology. Ed Chapman & Hall 300p
- DJahra A.B. 2014.** Phytochimie, Cours. Master II. Université Echahid Hamma Lakhdar, El Oued. Pp 9, 21,31
- Douka C. 2000.** Activite insecticide des huiles essentielles d'*Ocimum gratissimum* L. (Lamiaceae) et de *Xylopia aethiopica* Dunal (Annonaceae) sur le développement larvaire de *Tribolium castaneum* Herbst dans la farine du *Sorghum bicolor*. Mémoire de Maîtrise, Université de Ngaoundéré, Cameroun. 70 p.
- Dumeignil F., 2012.** Propriétés et utilisation de l'huile de ricin. DOSSIER LIPOCHIMIE. OCL 2012 ; 19(1) : 10-15. doi : 10.1684/ocl.2012.0427. Pp 6

**El Haib A., 2011.** Valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformations catalytiques. Thèse, Doctorat de l'université de Toulouse. 158p.

**Endrias A., 2006.** Bio-raffinage de plantes aromatiques et médicinales appliqué à l'*Hibiscus sabdariffa* L. et l'*Artemisia annua*. Thèse N° 2340, Docteur de l'institut national polytechnique de Toulouse.

**Esclapong D. R., 1975** - Les agrumes. Ed. La Somivac, Corse, n° 68, 12 p.

**Evelyne T.A., Maurice H., Charles A.D., Bernard C., 2011.** Les pucerons des grandes cultures, cycle biologique et activité de vol. Edition Quae. ISBN: 978-2-7592-1026-8

**Evelyne T.A., Maurice H., Yvon R., Yves M., 1999.** Les pucerons des plantes maraichères, cycle biologiques et activité de vol. ISBN: 2-7380-0857-7

**Fellah S, Romadhane M, Abderraba M, 2006.** Extraction et étude des huiles essentielles de la *Salvia officinalis*. L cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie - Journal de la Société Algérienne de Chimie J. Soc. Alger. Chin.; Vol. 16; N°2; pp 193-202.

**FIMAB (Fédération Internationale des Mouvements d'Agriculture Biologique), 2004.** Manuel de formation de l'IFOAM sur l'agriculture biologique dans les pays tropicaux. FIBL, Institut de recherche de l'agriculture biologique, Frick, Suisse.

**Foster S , 1996.** Peppermint: *Mentha piperita*. American Botanical Council - Botanical Series; 306: 3 - 8.

**Francois Maryline & Martine Georget, 2006.** P.B.I. en pépinière sous abri : cas du puceron vert des agrumes sur l'aurier-tin. Phym-Revue Horticole. N°485. Pages 31-34.

**Franchomme et Penoel, 1990.** Aromatherapy for health professionals Hormonal essential oils a few essential oils which are hormonal but not neurotoxic. Journal of essential oil research. Vol 13 p102-112

**François C., 2012.** Les plantes et leurs noms « Histoire insolites ». 152

**Gachkar L, Yadegari D, Rezaei M.B, Taghizadeh M, Astaneh S.A, Rasooli I, 2007.** Chemical and biological characteristics of Cuminum cyminum and Rosmarinus officinalis essential oils- Food Chemistry; Vol. 102; pp: 898-904.

**Gerard, A., Amber, W., Pablo, D. R., Agnes, P ., Jacques, R., Paul, K., 2008.** Worldwide genotyping of castor bean germplasm (*Ricinus communis* L.) using AFLPs and SSRs. Genet. Resour. Crop. Evol. 55:365–378.

**Gershenson J. & Dudareva N. 2007.** The function of terpene natural products in the natural world. *Nature Chemical Biology*, 3 (7) : 408-414.

**Ghedira K. ; 2005.** Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 3(4), 162-169.

**Gherman C, Culea M, Cozar O, 2000.** Comparative analysis of some active principles of herb plants by GC/MS- Talanta; Vol. 53; pp 253-262.

**Gildo P., 2006.** Précis de phytothérapie, Larousse Encyclopédie MEMO, Edition Alpen, p3-4

**Gorinstein S., Belloso O.M., Park Y.-S., Haruenkit R., Lojek A., Ciz M., Caspi A., Libman I. et Trakhtenberg S., 2001.** Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. Food Chem., Vol. 74, pp : 309– 315.

**Govt. of India, 1974.** Homoeopathic Pharmacopoeia of India, 2nd Volume, p.102.

**Grigonis D., Venskutonis P.R., Sivik B., Sandahl M. and Eskilsson C.S., 2005.** Comparaison of different extraction techniques for isolation of antioxidants from sweet grass (*Hierochloe odorata*). The journal of supercritical Fluids. 33(3). 223-233.

**Grodniczky J.A. & Coats J.R. 2002.** QSAR evaluation of monoterpenoids insecticidal activity. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, **50** : 4576–4580.

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

**Halliwell B., 1996 .** Antioxidants in human health and disease. Ann. Rev. Nutr., Vol. 16, pp : 33–50.

**Hennebelle T. ; 2006.** Investigation chimique et chimiotaxonomique et pharmacologique de Lamiacées productrices d'antioxydants. *Marrubium peregriinum, Ballota larendana, Ballota Pseudodictamnus* (Lamiacées) et *Lippia alba* (Verbénacées). Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat Chimie Organique et Macromoléculaire. Université des Sciences et Technologique de Lille, Lille 1. Ecole Doctorale Sciences de la Matière du rayonnement et de l'Environnement. France.

**Hierche Massaouda, 2013.** Dosage des polyphénols de la tomate et étude de leur pouvoir antioxydant. Université de Hassiba Ben Bouali, Chlef. Algérie.

**Hilan C, Sfeir R, Jawish D et Aitour S, 2006.** Huiles essentielles de certaines plantes médicinales libanaises de la famille des Lamiaceae - Lebanese Science Journal; Vol. 7; N° 2.

**Hoffmann, G.M., Nienhaus, F., Schönbeck, F., Weltzien, H.C., Wilbert, H., 1994.** Lehrbuch der Phytomedizin. Blackwell Wissenschafts Verlag, Berlin

**Holopainen J.K. 2004.** Multiple functions of inducible plant Volatiles. *Trends in Plant Science*, **9** (11) : 529-533.

**Hoppin, J.A., Umbach, D.M., London, S.J., Henneberger, P.K., Kullman, G.J., Coble, J., Alavanja, M.C., Bean Freeman L.E., Sandler, D.P. 2009.** Pesticide use and adult-onset asthma among male farmers in the Agricultural Health Study. European Respiratory Journal 34: 1296–1303.

- Huang Y., Ho S.H., Lee H.C. & Yap Y.L. 2002.** Insecticidal properties of eugenol, isoeugenol and methyleugenol and their effects on nutrition of *Sithophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrioniadae). *Journal of Stored Products Research*, **38** (5) : 403-412.
- Hugues D. et Philippe De L. 1987.** Jardins et Vergers d’Afrique, Terres et vie, Editions l’Harmattan, Paris p.354.
- Hugues D., Niyonzima S. et Jean C. 2001.** Champs et jardins sains, lutte intégrée, Carnet écologique no12, Terres et Vie, p.238,
- Il Idrissi A., 1982.** Etude des huiles essentielles de quelques Espèces *Salivia*, *Lavandula* et *Mentha* du Maroc, Thèse de troisième cycle, Université Mohammed V, Faculté des Sciences de Rabat.
- Inouye S., S. Abe, repot, 2003.** Comparative study of antimicrobial and cytotoxic of selected essential oils by gaseous and solution contacts international Journal of aromatherapy, vol 13p33-41
- Ives, A. r., Klug, J. l., Gross, K., 2000.** Stability and species richness in complex communities. *Ecol. Lett.* 3, 399–411. doi:10.1046/j.1461-0248.2000.00144.x
- Jahandiez E. and Maire R., 1932.** Catalogue des plantes du Maroc (Spermatophytes et Ptéridophytes). Minerva, Alger. 2 (*Dicotylédones Archichlamydées*), 489-496.
- Jean –Christophe Tardivon & Chadouli Si-Mohamed, 2012.** Les plantes aromatiques et médicinales. 6-7.
- Jourdheuil, P., Grison, P., Fraval, A., 2002.** La lutte biologique: un aperçu historique. INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), Laboratoire de Zoologie, Le Courrier de l’Environnement de l’INRA n°15.
- Judd W.S., Campbell C.S., Kellogg E.A., Stevens P.F. ; 2002.** Botanique systématique. Une perspective phylogénétique. 1ère Edition De Boeck Université. Paris, 383.
- Judd W.S., Campbell C.S., Kellogg E.A., Stevens P.F., 2002.** Botanique systématique. Une perspective phylogénétique. 1<sup>ère</sup> Edition De Boeck Université. Paris, 383.
- Kadambi , K., Dabral, S.N.1955. The silvi culture of *Ricinus communis* L. *Ind. Forester.* 8(1):53-58.
- Karunanayake, C.P., Spinelli, J.J., McLaughlin, J.R., Dosman, J.A., Pahwa, P., McDuffie, H.H. 2012.** Hodgkin lymphoma and pesticides exposure in men: a Canadian case-control study. *Journal of Agromedicine* 17:30–9.
- Kennedy J.S., Day M.F. & Eastop V.F., 1962.** A Conspectus of Aphids as Vectors of Plant Viruses. Commonwealth Institute of Entomology, London, 114 p.
- Kessler A. & Baldwin I.T. 2001.** Defensive function of herbivore-induced plant volatile emissions in nature. *Science*, **291** (5511) : 2141-2144.

- Khuder, S.A., Mutgi, A.B., Schaub, E.A., Tano, B.D. 1999.** Meta-analysis of Hodgkin's disease among farmers. *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health* 25: 436–441
- Kim D.O., Chun O.K., Kim Y. J., Moon H.Y., Lee C.Y. ; 2003.** Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *J. Agric. Food Chem.*, 51(22), 6509-6515.
- Kjeldsen, L.S., Ghisari, M., Bonefeld-Jørgensen, E.C. 2013.** Currently used pesticides and their mixtures affect the function of sex hormone receptors and aromatase enzyme activity. *Toxicology and Applied Pharmacology* 272: 453-464.
- Koedan A. J. J.C. Scheffer et A. B. Schendsen, 1979.** Composition of Isolation Procedures for Essential Oils, I. Dill (*Anthum graveolens L.*), *Chem. Microbiol. Technol. Lebensm.*, 6, 1-7.
- Kouninki H., Haubruge E., Noudjou F.E., Lognay G., Malaisse F., Ngassoum M. B., Goudoum A., Mapongmetsem P.M., Ngamo T.L.S. & Hance T. 2005.** Potential use of essential oils from Cameroon applied as fumigant or contact insecticides against *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). *57ème symposium in crop protection Gent University.*
- Kueny-Stotz M., 2008.** Contribution à la chimie des flavonoïdes : élaboration de squelettes flavylum sophistiqués, nouvelle voie d'accès aux flavan-3-ols et aux proanthocyanidines. Thèse pour l'obtention du Diplôme de Doctorat en Chimie organique, Université Louis Pasteur-Strasbourg, France.
- Kunle, O., Okahun, 2003.** Antimicrobial activity of various extracts and carvacrol from *Lippia multiflora* leaf extract phytomedicine. Vol 10. P59-61
- La pharmacopée européenne, 2010.** 7<sup>ème</sup> ed. strasbourg. Conseil de l'Europe.
- Lacasaña M., López-Flores, I., Rodríguez-Barranco, M., Aguilar-Garduño C., Blanco-Muñoz J., Pérez-Méndez, O., Gamboa, R., Bassol, S. & Cebrian, M.E. 2010.** Association between organophosphate pesticides exposure and thyroid hormones in floriculture workers. *Toxicology and Applied Pharmacology* 243: 19-26.
- Lagnika, L., 2005.** Etude phytochimique et activité biologique de substances naturelles isolées de plantes béninoises. Thèse doctorat .Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- Lamaty; Jirovetz; Karawya, 1997.** Chemical composition and antibacterial activities of the essential oils of *Lippia chevalieri* and *Lippia multiflora* from Burkina faso. *Journal of chemistry of naturel compound.* Vol 15, p429
- Lambert M., Trouslot M.F., Nef Campa C, Christen H. 1993.** Production of rotenoids heterothrophic and photomixotrophic cell cultures of *Tephrosia vogelii*. *Phytochem*, 34. :515-1520.
- Lavabre E.M. 1992.** Ravageurs des cultures tropicales, édition Maisonneuve et Larose. Paris p.128
- Lawrence B.M., Hogg M., Terhune S., 1972.** *J. flavor industry*, 37, 467.

- Lee S.E. 2002.** Biochemical mechanisms conferring cross-resistance to fumigant toxicities of essential oils in a chlorpyrifos-ethyl resistant strain of *Oryzaephilus surinamensis* L. (Coleoptera: *Syblanidae*). *Journal of Stored Products Research*, **38** : 157-166.
- Lee S.J, Umamo K, Shibamoto T, Lee K.G, 2005.** Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties- Food Chemistry; Vol. 91; pp 131–137.
- Lee, W., Blair, A., Hoppin, J., Lubin, J., Rusiecki, J., Sandler, D., Dosemeci, M., Alavanja, M. 2004a.** Cancer incidence among pesticide applicators exposed to chlorpyrifos in the Agricultural Health Study. *Journal of the National Cancer Institute* 96: 1781-1789.
- Lee, W.J., Hoppin, J.A., Blair, A., Lubin, J.H., Dosemeci, M., Sandler, D.P., Alavanja, M.C. 2004b.** Cancer incidence among pesticide applicators exposed to alachlor in the Agricultural Health Study. *American Journal of Epidemiology* 159: 373-380.
- Lefevre PH. J. 1989.** Pharmacologie des alcaloïdes mineurs du tabac, SemHop Paris. p.2424-2432
- Lendent, C., Mairesse, M., 2008.** Rural allergy. *Rev. Franç. Allergol. Immunol. Clin.* 48(2):109-110.
- Leybros J. et Fremeaux P., 1990.** Extraction solide-liquide, aspect théorique. *Techniques de l'ingénieur J 2780* pp 7-8.
- Lucas, E., 1993.** Intraguild predation among aphidophagous predators. *European Journal of Entomology* 102, 351–364.
- Lucida GM and Wallace JM, 1998.** *In: Herbal medicines, A Clinicians Guide*, Pharmaceutical Products Press, New York, London , 85-86.
- Madsen H.L. et Bertelsen G., 1995 .** Spices as antioxidants. *Trends Food Sci. Technol.* Vol. 6, pp : 271–277.
- Makoi J.H.J.R & Ndakidemi P.A. ; 2007.** Biological, ecological and agronomic significance of plant phenolic compounds in rhizosphere of the symbiotic legumes. *African Journal of Biotechnology*, 6(12), 1358-1368.
- Malathi, B ., Ramesh, S ., Venkateswara, K. R., Dashavantha, V. R., 2006.** Agrobacterium-mediated genetic transformation and production of semilooper resistant transgenic castor (*Ricinus communis* L.). *Euphytica*. 147: 441–449.
- Mandrigh, L. 2014.** Endocrine disrupters: The hazards for human health. *Cloning & Transgenesis* 3: 1.
- Marchand L., 2002 .** Cancer preventive effects of flavonoids – a review. *Biomed. Pharmacother.* Vol. 56, pp : 296–301.
- Marie Elisabeth Lucc, 2005.** thèse sur : Extraction sans solvant assistée par Microondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles, université de la reunion, 59-71.

**Mario, M., Esp.rito, S., 2007.**Secondary seed dispersal of *Ricinus communis* Linnaeus (Euphorbiaceae) by ants in secondary growth vegetation minas gerais. R. Árvore Viçosa-MG. 31(6):1013-1018.

**Maroyi, A., 2007.** *Ricinus communis* L. In: van der Vossen, H.A.M. & Mkamilo, G.S. (Editeurs). PROTA 14: Vegetable oils/Oleagineux. PROTA, Wageningen, Pays Bas.

**Marzouk Z, Neffati A, Marzouk B, Chraief I, Khemiss F, Chekir Ghedira L, Boukef K, 2006.** Chemical composition and antibacterial and antimutagenic activity of Tunisian *Rosmarinus officinalis* L. oil from Kasrine- Journal of Food Agriculture & Environment; Vol.4; N°3-4; pp 61-65.

***Mentha piperita* folium- WHO Herbal Monograph Scribd, 2011**available at [www.scribd.com/.../Mentha-piperita-folium-WHOHerbal-Monograph](http://www.scribd.com/.../Mentha-piperita-folium-WHOHerbal-Monograph), accessed on 20th July,.

**Menthol Report- NMCE, 2011.**available at [www.nmce.com/files/study/menthol.pdf](http://www.nmce.com/files/study/menthol.pdf), accessed on 30th July.

**Merletti, F., Richiardi, L., Bertoni, F., Ahrens, W., Buemi, A., Costa-Santos, C., 2006.** Occupational factors and risk of adult bone sarcomas: A multicentric case-control study in Europe. International Journal of Cancer 118: 721-727.

**Meyhöfer, R., Klug, T., 2002.** Intraguild predation on the aphid parasitoid *Lysiphlebus fabarum* (Marshall) (Hymenoptera: Aphidiidae): mortality risks and behavioral decisions made under the threats of predation. Biological Control 25, 239–248.

**Miller R.E, McConville M.J, Woodrow I.E 2006.** Cyanogenic glycosides from the rare Australian endemic rainforest tree *Clerodendrum grayi* (Lamiaceae)- Phytochemistry; Vol. 67; pp 43–51.

**Mills, P.K., Shah, P. 2014.** Cancer incidence in California farm workers, 1988–2010. American Journal of Industrial Medicine 57: 737-747.

**Miñarro, M., Hemptinne, J.-L., Dapena, E., 2005.** Colonization of apple orchards by predators of *Dysaphis plantaginea*: sequential arrival, response to prey abundance and consequences for biological control. BioControl 50, 403–414.

**Minh Tu N.T., Thanh L.X., Une A., Ukeda H. et Sawamura M., 2002.** Volatile constituents of Vietnamese pummelo, orange, tangerine and lime peel oils. Flavour Fragrance J. Vol. 17, pp : 169 – 174.

**Mnif, W., Hassine, A., Bouaziz, A., Bartegi, A., Thomas, O., Roig, B. 2011.** Effect of endocrine disruptor pesticides: A review. International Journal of Environmental Research and Public Health 8: 2265-2303.

**Mossaddak B., 1995.** Investigation du polymorphisme chimique via la caractérisation chimiotaxinomique des menthes cultivées au Maroc, Thèse de DES ès-sciences physiques, spécialité chimie organique, Université Mohammed V, Faculté des Sciences de Rabat.

- Naghibi F, Mosaddegh M, Mohammadi M.S et Ghorbani A, 2000.** Labiatae Family in folk Medicine in Iran: from Ethnobotany to Pharmacology- Iranian Journal of Pharmaceutical Research; Vol. 2; pp 63-79.
- Neggaz N.E., 2015.** Etude de l'activité insecticide des extraits hydroalcooliques de *Mentha piperita* L. et *Ricinus communis* L. sur *Aphis spiraecola*. Mémoire de fin d'étude master II, Biologie. Université Abdelhamid Ibn Badis. Mostaganem
- Neveu N., Grandgirard J., Nenon J. P. & Cortesero M. 2002.** Systemic release of herbivore-induced plant volatiles by turnips infested by concealed root-feeding larvae *Delia radicum* L. *Journal of Chemical Ecology*, **28** (9) : 1717-1732.
- Ngamo T.L.S., Ngassoum M.B., Jirovertz L., Ousman A., Nukenine E. & Moukala O.E. 2001.** Protection of stored Maize against *Sitophilus zeamais* (Motsch.) by use of essential oils of spices from Cameroon. *Medical faculty Landbouww University of Gent*, **66** (2a) : 473-478.
- Ngassoum M.B., Ngamo T.L.S., Maponmetsem P.M., Jirovertz L. & Buchbauer G. 2003.** Investigation of medicinal aromatic plants from Cameroon: GC/FID, GC/MS and olfactive analyses of essential oils *Ocimum suave* Willd. (Lamiaceae). *Acta Pharmaceutica Turcica*, **45** : 69-75.
- Nguentchouin Mbouga, 2012.** These de Doctorat. Formulation d'insecticides en poudre par adsorption des huiles essentielles de *Xylopiya aethiopica* et d'*Ocimum gratissimum* sur des argiles camerounaises modifiées. Spécialité, Chimie Industrielle et Environnement. Ecole Nationale Supérieure Des Sciences Agroindustrielles De L'universite, Ngaoundere.
- N'guessan, K., Kouassi Konan, E., Kouadio, K., 2009.** Ethnobotanical Study of Plants Used to Treat Diabetes, in Traditional Medicine, by Abbey and Krobou People of Agboville (Cote-d'Ivoire). *Amer Sci Res.* 4: 45-58.
- Nisrin Benayad, 2008.** Thèse sur: les huiles essentielles extraite par plantes médicinales marocaine : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées, Université Mohammed V– Agdal de Rabat. 13-30.
- Ntezurubanza L., 2000.** Les huiles essentielles du Rwanda, Ed. Laseve, Quebec Canada. P88
- Obeng-Ofori D. & Reichmuth C.H. 1997.** Bioactivity of eugenol, a major component of essential oil of *Ocimum suave* (Wild.) against four species of stored-product Coleoptera. *International Journal of Pest Management*; **43** (1) : 89-94.
- Obeng-Ofori D., Reichmuth C.H., Bekele J. & Hassanali A. 1996.** Efficacy of products derived from indigenous plants for the control of the larger grain borer (*Prostephanus truncatus*). *Proceedings of an International Conference: Brighton Crop Protection Conference: Pests and diseases, Brighton, UK, 18-21 November 1996.* **1**: 379-384.
- Oliva, A., Spira, A., Multigner. A. 2001.** Contribution of environmental factors to the risk of male infertility. *Human Reproduction* **16**: 1768–1776.

**Olsnes S., Kozlov J.V., 2001.** Toxicon 39. p 1723-1728.

**OMS, organisation mondiale de la santé, 1963.** Méthode à suivre pour déterminer la sensibilité ou la résistance des larves de moustiques aux insecticides. In résistance aux insecticides et lutte contre les vecteurs. Treizième rapport du comité OMS d'experts des insecticides, Genève : OMS, Sér. Rapport. Tech. 265, p55-60.

**Orani GP, Anderson JW, Sant's Ambrogio G and Sant's Ambrogio FB, 1991.** Upper airway cooling and l-menthol reduce ventilation in the guinea pig, J Appl Physiol, 70, 2080-2086

**Orsi, L., Delabre, L., Monnereau, A., 2009.** Occupational exposure to pesticides and lymphoid neoplasms among men: results of a French case-control study. Occupational Environmental Medicine 66: 291–8.

**Osman, 2014.** Etude de l'activité larvicide des extraits hydro-alcoolique de *Nerium oleander* L. et *Ricinus communis* L. sur *Tuta absoluta* (Mytrick). Mémoire de fin d'étude en Master II Biologie, Université Abdel hamid Ibn Badis. Mostaganem.

**Ould Amar B, 2013.** Investigation des taux de HAP dans les sols avoisinant les centres de stockage et/ou de distribution des hydrocarbures. Mémoire de fin d'étude Master II. Chimie. Université ABB. Tlemcen.

**P.S. Chakraborty, J.P. Singh, M.K. Rai, Pramodji Singh, A.K. Vichitra, A.K.N. Singh, Deepa Chakraborty, D.K. Singh, Hari Singh, Mohan Singh, M.N. Sinha, Rajpal, R.K. Rai, S. Prakash, S.D. Pathak, S.R. Bhagat, Vikram Singh, Vijay K. Paul, V.K. Singh, Yogendar Rai & V.A. Siddiqui ; 2008.** *Mentha piperita* – A Multicentric Clinical Verification Study conducted by CCRH. Indian Journal of Research in Homoeopathy Vol. 2, No. 4, pp26-33

**Pahwa P., Karunanayake C.P., Dosman J.A., Spinelli J.J., McDuffie H.H., McLaughlin J.R. 2012.** Multiple myeloma and exposure to pesticides: A Canadian case-control study. Journal of Agromedicine 17:40–50.

**Panda, N & Khush, G. S, 1995.** Secondary plant metabolites for Insect resistance. In Host Plant Resistance to insects. Wallingford, UK: CAB International, p. 22-66. In [Boutiti Ameer. Etude phytochimique de l'espèce *Globularia alypum* L. Mémoire de Magister. Chimie organique. Faculté des sciences. Université de Mentouri. Constantine. ]

**Paolini V., Dorchies Ph., Hoste H. ; 2003.** Effet des tanins condensés et des plantes à tanins sur les strongyloses gastro-intestinales chez le mouton et la chèvre. Alter. Agri., 17-19.

**Paré P.W. & Tumlinson J.H. 1999.** Plant Volatiles as a Defense against Insect Herbivores. *Plant Physiology*, 121 (2) : 325-331.

**Park I.K., Lee S.G., Choi D.H. & Ahn Y.J. 2003.** Insecticidal properties of constituents identified in the essential oil from leaves of *Chamaecyparis obtuse* against *Callosobruchus chinensis* (L.) and *Sitophilus oryzae* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 39 (4) : 375-384.

**Patrick Theillère, 1999.** 2<sup>ème</sup> Symposium international d'aromathérapie scientifique. Finalités thérapeutiques des végétaux aromatiques. Office de tourisme, d'animation et de promotion ; palais des congrès – cours Honoé Cresp – 06130 GRASSE. Page 80.

**Paul Iserin ., Masson M., Restellini J. P., Ybert E., De Laage de Meux A., Moulard F., Zha E., De la Roque R., De la Roque O., Vican P., Deesalle –Féat T., Biaujeaud M., Ringuet J., Bloth J. et Botrel A, 2001.** Larousse *encyclopédie des plantes médicinales* : identification, préparation, soins. 2nd édition Larousse. 8, 10-12, 17, 51, 154

**Paul, C.J. Van, R., Lynell, K. T., 1999.** The contribution of extrafloral nectar to survival and reproduction of the predatory mite *Iphiseius degenerans* on *Ricinus communis*. *Exper. Appl. Acarol.* 23: 281–296.

**Penchev Petko Ivanov, 2010.** Etude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions. P129.

**Penuelas J., Llusia J. & Estiarte M. 1995.** Terpenoids: a plant language. *Trends in Ecology & Evolution*, 10 (7): 289.

**Perrotta C., Staines A., Cocco P. 2008.** Multiple myeloma and farming. A systematic review of 30 years of research. Where next? *Journal Occupational Medicine and Toxicology* 2008; 3:27.

**Philogène B.J.R., Regnault R.C. & Vincent C. 2002.** Produits phytosanitaires insecticides d'origine végétale : promesses d'hier et d'aujourd'hui. In Regnault- Roger C., Philogène B. J. R., Vincent C. *Biopesticides d'origine végétale*. Lavoisier, Tec & Doc, Paris, pp 1-17.

**Pibiri M. C., 2006.** Assainissement microbiologique de l'air et des systèmes de ventilation au moyen d'huiles essentielles. Thèse N° 3311, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.

**Pichersky E. & Gershenzon J. 2002.** The formation and function of plant volatiles: perfumes for pollinator attraction and defense. *Plant Biology*, 5: 237-243.

**Pineda, A., Morales, I., Marcos-García, M.A., Fereres, A., 2007.** Oviposition avoidance of parasitized aphid colonies by the syrphid predator *Episyrphus balteatus* mediated by different cues. *Biological Control* 42, 274– 280.

**Pollien, P. OH ; afay. L.B. Maignial ; chanitereau, Simutaneous, 1998.** Distillation-extraction, preparative recovery of volatiles under mild condition batch or continuous operations. *Flavor and fragrance journal*. Vol 17p50

**Prates H.T., Santos J.P., Waquil J.M, Fabris J.D., Oliverta A.B. & Foster J.E. 1998.** Insecticidal Activity of Monoterpen against *Rhyzopertha dominica* (F) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of stored products Research*, 34 (4) : 243-249.

**Quilici, S., Vincenot, D., Franck, A., 2003.** Les auxiliaires des cultures fruitières à l'île de la Réunion. Editions Quae.

- Rabasse, J.M., 1979. Implantation d'*Aphidius matricariae* dans les populations d'Aphis *Gossypii glover* sous serre.** In [Bull. Int. N « faune et flore auxiliaire en agriculture » Paris. 6-7
- RAO A.V. et RAO L.G., 2007.** Carotenoids and human health. *Pharmacol. Res.* Vol. 55, pp : 207 – 216.
- Rastogi RP and Mehrota BN, 1990.** In : Compendium of Indian Medicinal Plants, CDRI, Lucknow & Publication and Information Directorate, New Delhi, Vol. 1 (1960-1969), 272.
- Regnault-Roger Catherine. (2002).** De nouveaux phyto-insecticides pour le troisième millénaire. In Regnault-Roger C., Philogène B. J. R., Vincent C. *Biopesticides d'origine végétale*. Lavoisier, Tec & Doc, Paris, pp. 19-39.
- Regnault-Roger Catherine. 2002.** De nouveaux phyto-insecticides pour le troisième millénaire. In Regnault-Roger C., Philogène B. J. R., Vincent C. *Biopesticides d'origine végétale*. Lavoisier, Tec & Doc, Paris, pp. 19-39.
- S.Belkacem ,2009."**Investigation phytochimique de la phase n-butanol de l'extrait hydro-alcoolique des parties aériennes de *Centaurea parviflora (Compositae)*", Mémoire magister, Université Mentouri – Constantine. 1.
- Sacchetti G., Maietti S., Muzzoli M., Scaglianti M., Manfredini S. et Radice M., 2005 .** Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. *Food Chem.* 91, 621–632.
- Sailaja, M ., Tarakeswari, M ., Sujatha, M., 2008.** Stable genetic transformation of castor (*Ricinus communis* L.) via particle gun-mediated gene transfer using embryo axes from mature seeds. *Plant Cell. Rep.* 27: 1509–1519.
- Satran., Ghanmi, M., Farah, A., Fougrach, H., 2007.**composition chimique et activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *calanditis mixilus*
- Sauvion, N., 1995.** Effets et modes d'action de deux lectines végétales dans une stratégie de création de plantes transgéniques résistantes aux pucerons. Thèse pour obtenir le grade de docteur en analyse et modélisation des systèmes biologiques. Institut National des Sciences appliquée. Lyon.
- Scora, R. W. 1988.** Biochemistry, taxonomy and evolution of modern cultivated citrus. Paper presented at the VIth International Citrus Congress.
- Sebai M., Boudali M., 2012.** La Phytothérapie entre la confiance et méfiance. Mémoire professionnel, infirmier de la sante publique. Institut de formation paramédical CHETTIA. 56p.
- Seenivasan Prabuseenvasan, 2006.** In vitro antibacterial activity of some plant essential oils. *Journal of complementary and alternative medicine.* Vol 9p6-39
- Sékou Moussa K., Vincent C., Schmit J-P., Ramaswamy S. & Belanger A. 2000.** Effect of various essential oils on *Callobruchus maculatus*. *Journal of Products Research*, **36** : 355-364.

**Shaaya E., Kostjukovski M., Eilberg J. & Sukprakarn C. 1997.** Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal of Stored Product Research*, **33** (1) : 7-15.

**Sharma, A., Gill, J.P.S., Bedi, J.S., Pooni, P.A. 2014.** Monitoring of Pesticide Residues in Human Breast Milk from Punjab, India and Its Correlation with Health Associated Parameters. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 93: 465-471.

**Shellie R, Marriott P, Chaintreau A., 2004.** Quantitation of suspected allergens in ragrances : evaluation of comprehensive two-dimensional GC for quality control., *Flavour and fragrance Journal* – Wiley online Library, vol 19p91-8

**Sijelmassi A.** Les plantes médicinales du Maroc. Ricin, Casablanca: Le Fenec. 1991. Pp 217.

**Singh G, Kapoor IPS and Pandey SK, 1998.** Studies on essential oils, Part 14. Natural preservatives for butter, *J Med Arom Plant Sci*, **20**, 735-739.

**Slager, R.E., Simpson, S.L., Levan, T.D., Poole, J.A., Sandler, D.P., Hoppin, J.A. 2010.** Rhinitis associated with pesticide use among private pesticide applicators in the agricultural health study. *Journal of Toxicology and Environmental Health A* 73: 1382–1393.

**Sary P., Remaudiere G. ET Leclant F., 1975.** Nouvelles données sur les Aphidiides de France (Hym). *Annales Soc. Ent. Fr. (N.S)* 9 (2): 309-329.

**Stéphanie Tellier, 2006.** Les pesticides en milieu agricole : état de la situation environnementale et initiatives prometteuses. Direction des politiques en milieu terrestre, Service des pesticides, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 90 p.

**Sujatha, M., Reddy, T.P., Mahasi, M.J., 2008.** Role of biotechnological interventions in the improvement of castor (*Ricinus communis* L) and *Jatropha curcas* L. *Biotechnol. Adv.* 26(5): 424-435.

**Swingle, W. T., & Reece, P. C. 1967.** The botany of citrus and its wild relatives . In W. Reuther, L. D. Batchelor & H. J. Webber (Eds.). *The Citrus Industry* (Vol. 1, pp. 130-190): University of California Berkeley.

**Symondson, W.O.C., Sunderland, K.D., Greenstone, M.H., 2002.** Can Generalist Predators Be Effective Biocontrol Agents 1. *Annu. Rev. Entomol.* 47, 561–594. doi:10.1146/annurev.ento.47.091201.145240

**Tanaka, T. 1961.** *Citrologia: semi centennial commemoration papers on citrus studies.* Osaka Japan.

**Teuscher E., Anton R., Lobstein A., 2005.** Plantes aromatiques : épices, aromates, condiments et huiles essentielles. Lavoisier Tec & Doc ; Paris. 45, 96, 138-141

**Toufektsian M-C., de Lorgeril M., Nagy N., Salen P., Donati M.B., Giordano L., Mock H-P., Peterek S., Matros A., Petroni K., Pilu R., Rotilio D., Tonelli C., de Leiris J., Boucher F., Martin**

**C. ; 2008.** Chronic Dietary Intake of Plant-Derived Anthocyanins Protects the Rat Heart against Ischemia-Reperfusion Injury. *Journal of Nutrition*, 138, 747-752.

**Van Driesche, R.G., Bellows, T.S., 1996.** *Biological control*. Chapman and Hall, New York.

**Van Lenteren, J.C., Colazza, S., 2006.** IOBC Newsletter 80. International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants (IOBC).

**Vincent, C., Coderre, D., 1992.** *La lutte biologique*. Gaëtan Morin, Québec, Canada.

**Vinson, F., Merhi, M., Baldi, I., Raynal, H., Gamet-Payraastre, L. 2011.** Exposure to pesticides and risk of childhood cancer: a meta-analysis of recent epidemiological studies. *Occupational and Environmental Medicine* 68: 694-702.

**Wabo-poné, J., Mpoame, M., Bilong Bilong, C.F., Kerboeuf, D., 2005.** Etude compare in vitro de l'activité nématocidique de l'extrait éthanoïque de la poudre d'écorce de *Canthium mannii* (Rubiaceae) et du Mébendazole. P2

**Wang, A., Cockburn, M., Ly, T., Bronstein J.M., Ritz, B. 2014.** The association between ambient exposure to organophosphates and Parkinson's disease risk. *Occupational Environmental Medicine* 71: 275-281.

**Whyatt, R.M., Rauh, V., Barr, D.B., 2004.** Prenatal insecticide exposures and birth weight and length among an urban minority cohort. *Environmental Health Perspectives* 112:1125–1132.

**Wigle, D.T., Turner, M.C., Krewski, D. 2009.** A systematic review and meta-analysis of childhood leukemia and parental occupational pesticide exposure. *Environmental Health Perspectives* 117: 1505-1513.

**Wilby, A., Thomas, M.B., 2002.** Natural enemy diversity and pest control: patterns of pest emergence with agricultural intensification. *Ecol. Lett.* 5, 353–360. doi:10.1046/j.1461-0248.2002.00331.x

**Williams C.A & Grayer R.J. ; 2004.** Anthocyanins and other flavonoids. *Nat. Prod. Rep.*, 21(4), 539-573.

**Winkler, K., 2005.** Assessing the risks and benefits of flowering field edges: strategic use of nectar sources to boost biological control. Mémoire de Thesis, Wageningen University, Laboratory of Entomology, The Netherlands.

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

**Witchard , M., 1997.** Paclobutrazol Is Phloem Mobile in Castor Oil Plant (*Ricinus communis* L). *J. Plant Grow. Regul.* 16: 215–217.

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

**World Health Organization. 2002.** Monographs on selected medicinal plants, vol. 2, Geneva,.

**Wyss, E., Villiger, M., Hemptinne, J.-L., Müller-Schärer, H., 1999b.** Effects of augmentative releases of eggs and larvae of the ladybird beetle, *Adalia bipunctata*, on the abundance of the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea*, in organic apple orchards. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 90, 167–173.

**Wyss, E., Villiger, M., Müller-Schärer, H., 1999a.** The potential of three native insect predators to control the rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea*. *BioControl* 44, 171–182.

**Zaganas, I., Kapetanaki, S., Mastorodemos, V., Kanavouras, K., Colosio, C., Wilks, M., Tsatsakis, A. 2013.** Linking pesticide exposure and dementia: What is the evidence? *Toxicology* 307: 3-11.

**Ziyu Dai., Gerald, E. E., Maurice S. B. K., 1992.** Control of Photosynthesis and Stomatal Conductance in *Ricinus communis* L. (Castor Bean) by Leaf to Air Vapor Pressure Deficit. *Plant Physiol.* 99: 1426-1434.

# *Annexes*

## Annexe 1

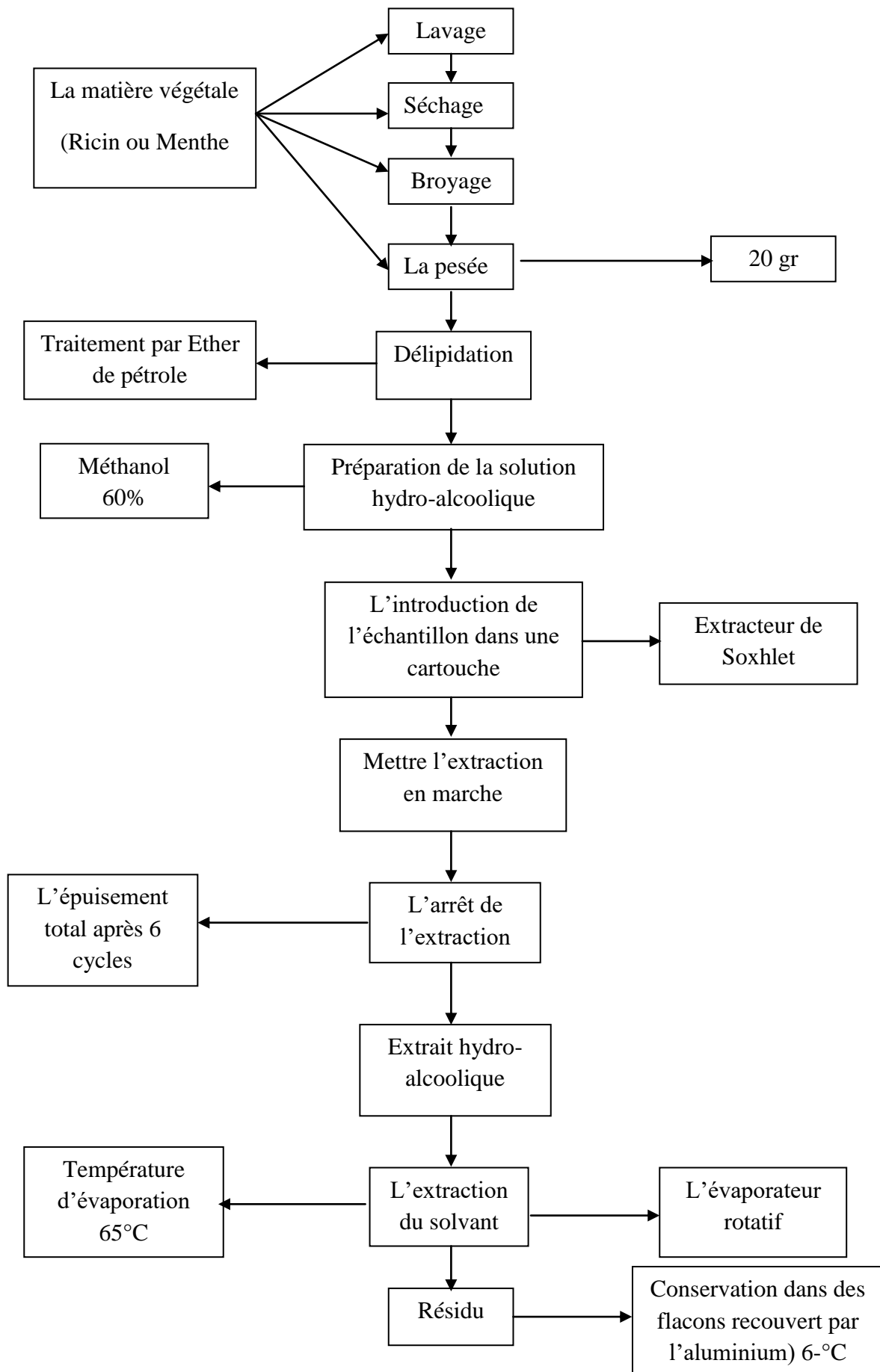


Figure 1 : Organigramme de l'extraction par l'extraction de Soxhlet des extraits polyphénoliques

## Annexe 2

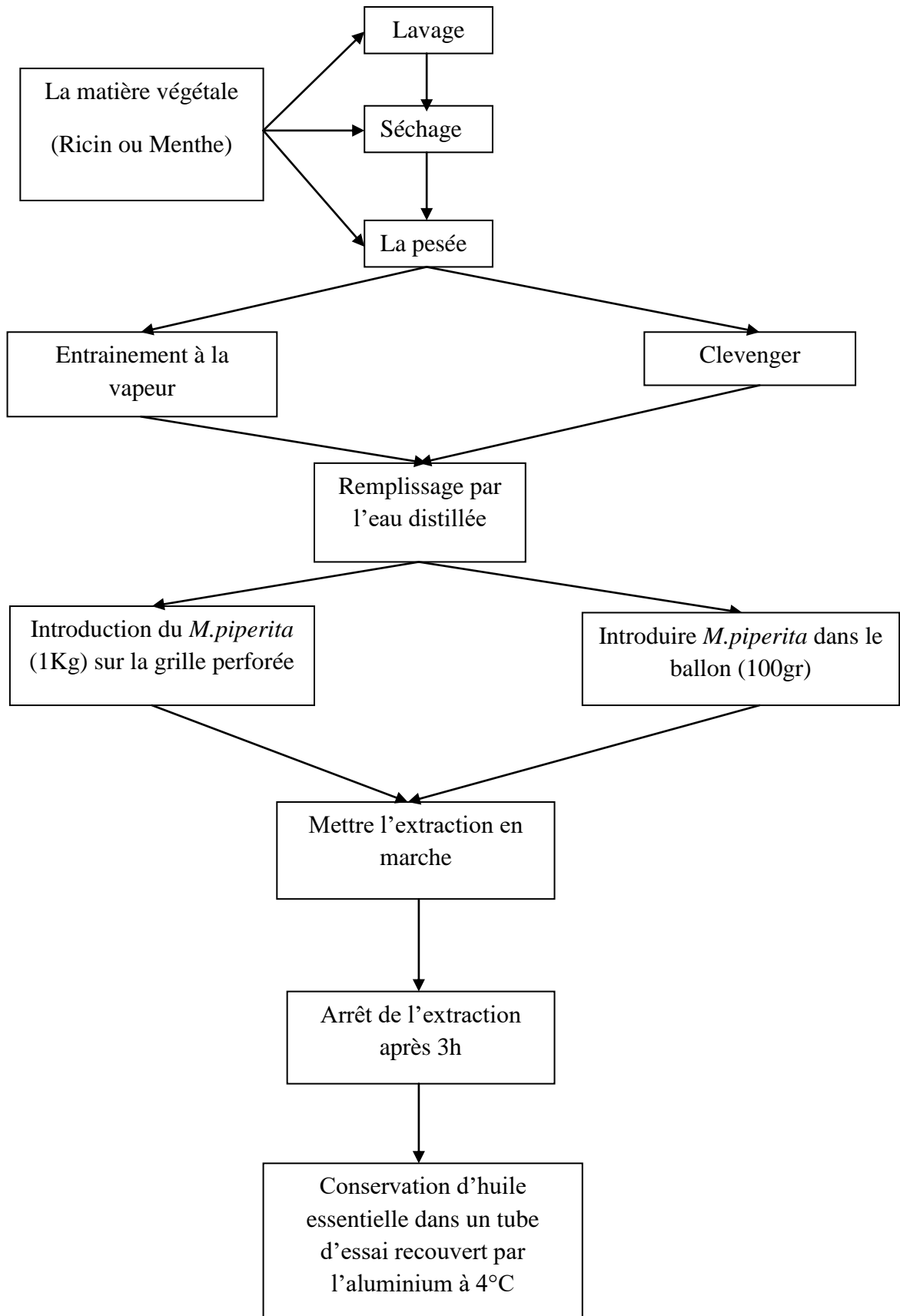


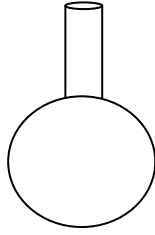
Figure 2 : Organigramme de l'extraction d'huile essentielle par hydrodistillation de *M.piperita*

### Annexe 3

Tableau 1 : La fiche technique de l'évaporateur rotatif BUCHI R-210

<b>Référence</b>	BUC – 23011A000
<b>Affichage</b>	Température, eau/huile
<b>Type d'élévateur</b>	Motorisé
<b>Type de rotation</b>	20 – 280 tour/minute
<b>Puissance consommée</b>	1360 W
<b>Taille de ballon</b>	50 – 4000 MI
<b>Poids maximum du ballon</b>	3 Kg
<b>Dimension (LxHxP)</b>	550 x 575 x 415 mm
<b>Poids</b>	19 – 21 Kg avec le bain
<b>Volume du bain</b>	4 litres
<b>Gamme de température du bain</b>	20 – 180°C
<b>Précision</b>	+ / - 2°C
<b>Dimension du bain chauffant (LxHxP)</b>	285 x 240 x 300
<b>Poids du ballon chauffant</b>	4 Kg
<b>Protection IP</b>	IP 21
<b>Conformité</b>	CE
<b>Alimentation</b>	100 – 240 V / 50 – 60 Hz

## Annexe 4

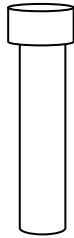


Le poids du Ballon  
vide  
P1 = 378,1 gr

Le poids du  
Ballon + Résidu  
(*R.communis*)  
P2 = 451,1 gr

Le poids du  
Ballon + Résidu  
(*M.piperita*)  
P3 = 439,1 gr

**Figure 3 : La différence du poids du ballon vide et avec le résidu de Ricin ou Menthe**



Le poids du tube  
à essai vide  
P4 = 19,7 gr

Le poids du tube à essai avec l'huile  
essentielle de *M.piperita*  
P5 = 27,5 gr

**Figure 4 : La différence du poids du tube à essai vide et avec l'huile essentielle de la Menthe**

## Annexe 5

**Tableau2 : Les dilutions de chaque extrait polyphénolique  
(Ricin, Menthe ou Synergie)**

	Extrait Concentration	Matériel végétale (Ricin, Menthe ou synergie)	Eau distillée	Acétone
	<b>Dilution de l'extrait polyphénolique</b>	<b>0% (T-)</b>	00	20
<b>5%</b>		1	19	00
<b>10%</b>		2	18	00
<b>15%</b>		3	17	00
<b>20%</b>		4	16	00
<b>25%</b>		5	15	00
<b>30%</b>		6	14	00
<b>35%</b>		7	13	00
<b>40%</b>		8	12	00
<b>T+ (60%)</b>		00	00	20
<b>T+ (70%)</b>		00	00	20

## Annexe 6

Tableau 3 : Le taux de mortalité cumulée d'*Aphis spiraceola* traité par *M.piperita*

Dose/ Durée	24h	48h	72h	7j
0%	0,00	4,00	8,00	40,00
T +	0,00	12,00	20,00	52,00
5%	76,00	92,00	92,00	100,00
10%	84,00	88,00	96,00	100,00
15%	76,00	92,00	96,00	100,00
20%	84,00	84,00	96,00	100,00
25%	68,00	88,00	96,00	100,00
30%	72,00	84,00	88,00	100,00
35%	76,00	88,00	92,00	100,00
40%	80,00	88,00	96,00	100,00

Tableau 4 : Le taux de mortalité cumulée d'*Aphis spiraceola* traité par  
*R.communis*

Dose/ Durée	24h	48h	72h	7j
0%	0,00	4,00	8,00	40,00
T +	0,00	12,00	20,00	52,00
5%	24,00	56,00	80,00	100,00
10%	72,00	88,00	96,00	100,00
15%	60,00	64,00	96,00	100,00
20%	68,00	76,00	92,00	100,00
25%	68,00	80,00	96,00	100,00
30%	68,00	76,00	100,00	
35%	84,00	84,00	96,00	100,00
40%	68,00	92,00	100,00	

**Tableau 5 : Le taux de mortalité cumulée d'*Aphis spiraceola* traité par l'extrait synergique**

<b>Dose/ Durée</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>	<b>72h</b>	<b>7j</b>
<b>0%</b>	0,00	4,00	8,00	40,00
<b>T +</b>	0,00	12,00	20,00	52,00
<b>5%</b>	60,00	76,00	88,00	100,00
<b>10%</b>	40,00	68,00	92,00	100,00
<b>15%</b>	28,00	60,00	88,00	100,00
<b>20%</b>	12,00	32,00	80,00	100,00
<b>25%</b>	44,00	44,00	88,00	100,00
<b>30%</b>	72,00	72,00	88,00	100,00
<b>35%</b>	76,00	80,00	96,00	100,00
<b>40%</b>	64,00	72,00	96,00	100,00

**Tableau 6 : Le taux de mortalité cumulée d'*Aphis spiraceola* traité par l'huile essentielle de *M.piperita***

<b>Dose/ Durée</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>	<b>72h</b>	<b>7j</b>
<b>0%</b>	0,00	4,00	8,00	40,00
<b>T +</b>	0,00	20,00	32,00	44,00
<b>0,50%</b>	76,00	80,00	96,00	100,00
<b>1%</b>	92,00	96,00	100,00	
<b>1,50%</b>	76,00	88,00	96,00	100,00
<b>2%</b>	100,00			

## Annexe 7

**Tableau 7 : Le taux de mortalité corrigée d'*Aphis spiraecola* traité par *M.piperita***

<b>Dose/ Durée</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>	<b>72h</b>	<b>168h</b>
<b>T +</b>	0,00	8,33	13,04	20,00
<b>5%</b>	76,00	91,67	91,30	100,00
<b>0,1</b>	84,00	87,50	95,65	100,00
<b>15%</b>	76,00	75,00	95,65	100,00
<b>20%</b>	84,00	83,33	95,65	100,00
<b>25%</b>	68,00	87,50	95,65	100,00
<b>30%</b>	72,00	83,33	86,96	100,00
<b>35%</b>	76,00	87,50	91,30	100,00
<b>40%</b>	80,00	87,50	95,65	100,00

**Tableau 8 : Le taux de mortalité corrigée d'*Aphis spiraecola* traité par *R.communis***

<b>Dose/ Durée</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>	<b>72h</b>	<b>168h</b>
<b>T +</b>	0,00	8,33	13,04	20,00
<b>5%</b>	24,00	54,17	78,26	100,00
<b>10%</b>	72,00	87,50	95,65	100,00
<b>15%</b>	60,00	62,50	95,65	100,00
<b>20%</b>	68,00	75,00	91,30	100,00
<b>25%</b>	68,00	79,17	95,00	100,00
<b>30%</b>	68,00	75,00	100,00	
<b>35%</b>	84,00	83,33	95,65	100,00
<b>40%</b>	68,00	91,67	100,00	

**Tableau 9 : Le taux de mortalité corrigée d'*Aphis spiraeicola* traité par l'extrait synergique**

<b>Dose/ Durée</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>	<b>72h</b>	<b>168h</b>
<b>T +</b>	0,00	8,33	13,04	20,00
<b>5%</b>	60,00	75,00	86,96	100,00
<b>10%</b>	40,00	66,67	91,30	100,00
<b>15%</b>	28,00	58,33	86,96	100,00
<b>20%</b>	12,00	29,17	78,26	100,00
<b>25%</b>	44,00	41,67	86,96	100,00
<b>30%</b>	72,00	70,83	86,96	100,00
<b>35%</b>	76,00	79,17	95,65	100,00
<b>40%</b>	64,00	70,83	95,65	100,00

**Tableau 10 : Le taux de mortalité corrigée cumulée d'*Aphis spiraeicola* traité par l'huile essentielle de *M.piperita***

<b>Dose/ Durée</b>	<b>24h</b>	<b>48h</b>	<b>72h</b>	<b>168h</b>
<b>T +</b>	0,00	16,67	26,09	33,33
<b>0,50%</b>	76,00	79,17	95,65	100,00
<b>1%</b>	92,00	95,83	100,00	
<b>1,50%</b>	76,00	87,50	95,65	100,00
<b>2%</b>	100,00			

## Annexe 8

**Tableau 11 : Analyse de la variance ANOVA des extraits polyphénolique  
(F1 : Traitement ; F2 : Concentration)**

	SCE	Ddl	MC	Test-F	Prob (5%)	E.T.	C.V
<b>Total</b>	30581,87	29,00					
<b>F1</b>	97,07	2,00	48,53333333	2,650	0,0980		
<b>F2</b>	30155,20	9,00	3350,57778	182,980583	0,0000		
<b>residual Var.</b>	329,60	18,00	18,31			4,279	5,56

**Tableau 12 : Les moyennes de F1 (Traitement)**

1(F1n1)	2	3
78	78,4	74,4

**Tableau 13 : Les moyennes de F2 (Concentration)**

I(F2n1)	10	2	3	4	5	6	7	8	9
8	97,333	20	86,66	94,66	93,33	89,333	93,33	92	94,66

**Tableau 14 : La comparaison des moyenne F2 par le test de  
NEWMAN – KEULS**

F2	LIBELLE	MOYENNE	GROUPE HOMOGENES		
1	F2(n1)	8			C
2		20		B	
3		86,6666667		B	
6		89,33333333	A		
8		92	A		
7		93,33333333	A		
5		93,33333333	A		
9		94,6666667	A		
4		94,6666667	A		
10		97,33333333	A		

## Annexe 9

**Tableau 15 : Analyse de la variance ANOVA d'huile essentielle de *M.piperita***

**(F1 : Concentration)**

	<b>SCE</b>	<b>Ddl</b>	<b>MC</b>	<b>test-F</b>	<b>Prob.(5%)</b>	<b>E.T.</b>	<b>C.V</b>
<b>Total</b>	8416,00	5,00					
<b>F1</b>	8416,00	5,00	1683,20	0,000			
<b>residual Var.</b>	0,00	0,00	0		0,00		0,00

**Tableau 16 : Les moyennes de F1 (Concentration)**

<b>1 (F1n1)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
8,00	32,00	96,00	100,00	96,00	100,00

