

N° d'Ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DÉPARTEMENT Choisissez un élément.

# Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

**Domaine** : Sciences de la nature et de la vie (S.N.V.)

**Filière** : Sciences alimentaires

**Spécialité** : Biochimie de la Nutrition

Intitulé du thème :

## Évaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* .L sur les ravageurs de céréales type *Tribolium castaneum*

Présenté par : **Melle** Bouchentouf Manel Zohra

**Melle** Haddouche Ilham

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président de jury : **Mr** BEN ABDERRAHMANE Mokhtar (M.C.A/ UDL/SBA)

Examineur : **Mme** ZEMRI Khalida (M.C.A/ UDL/SBA)

Promoteur : **Mme** AOUISSAT Hanane (M.A.A/ UDL/SBA)

Co-Promoteur: // Choisissez un élément. Cliquez ici pour taper du texte. (Choisissez un élément./ Choisissez un élément.)

Année universitaire 2019 - 2020

Session : « Septembre »

# DEDICACE

*On dédie ce travail à la mémoire de notre enseignant Professeur BENALI Mahmoud disparu trop tôt. Vous étiez un professeur formidable et extrêmement sympathique. On espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part de ces étudiants qui ont toujours priés pour le salut de son âme.*

*Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde ! Reposez en paix.*



# Dédicace

*C'est avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail aux personnes les plus chères au monde mes parents qui m'ont permis de continuer mes études dans les meilleures conditions et qui m'ont appris à ne jamais baisser les bras*

*Je dédie aussi cette modeste réalisation*

*Mes très chères sœurs avec mes vœux de pleine réussite dans leurs vies, Ma famille et Mes amis*

BOUCHENTOUF. Manel

HADOUICHE. Ilham

# Remerciement

*Au terme de ce travail, il m'est agréable d'exprimer mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.*

*Mes remerciements vont tout particulièrement à Madame Aouisset H, qui a bien voulu assurer mon encadrement, c'est un très grand honneur pour moi qu'elle ait accepté d'être ma directrice de mémoire. Je lui dois une immense reconnaissance et un très grand respect.*

*Mes remerciements vont également à tous les membres de jury, pour avoir accepté d'en faire partie et pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce mémoire:*

*- Je remercie Monsieur Ben Abderrahmane, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance.*

*- Mes vives gratitudes vont aussi à Madame Zemri, K qui a bien voulu examiner ce travail.*

*Enfin, bien que des simples remerciements ne suffisent pas pour exprimer tout ce que je leurs dois, mes remerciements les plus chaleureux à ma mère pour sa patience et son aide, également à tous les membres de ma famille et mes amies.*

# Remerciement

*Au terme de ce travail, il m'est agréable d'exprimer mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.*

*Mes remerciements vont tout particulièrement à Madame Aouisset H, qui a bien voulu assurer mon encadrement, c'est un très grand honneur pour moi qu'elle ait accepté d'être ma directrice de mémoire. Je lui dois une immense reconnaissance et un très grand respect.*

*Mes remerciements vont également à tous les membres de jury, pour avoir accepté d'en faire partie et pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce mémoire:*

*- Je remercie Monsieur Ben Abderrahmane, de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de soutenance.*

*- Mes vives gratitudes vont aussi à Madame Zemri, K qui a bien voulu examiner ce travail.*

*Enfin, bien que des simples remerciements ne suffisent pas pour exprimer tout ce que je leurs dois, mes remerciements les plus chaleureux à ma mère pour sa patience et son aide, également à tous les membres de ma famille et mes amies.*

## Résumé

La famille des Lamiacées (Lamiaceae) compte 6000 espèces réparties en 210 genres, répartis dans le monde entier, mais surtout dans la région méditerranéenne.

Le romarin est fréquemment cultivé dans les jardins comme plante d'ornement ; les feuilles sont utilisées comme condiment. De par son utilisation comme épice, *Rosmarinus Officinalis* .L est une plante très riches en huiles essentielles qui lui confèrent un pouvoir insecticide ( biopesticide ).

Ce travail consiste à mettre en évidence le potentiel insecticide de l'huile essentielle de Romarin (*Rosmarinus Officinalis*.L) vis-à-vis des insectes ravageurs des céréales : cas du *Tribolium castaneum*.

Les tests de toxicité de *Rosmarinus Officinalis* . L sur *T. castaneum* sont effectués selon deux modes de pénétration, une pénétration par contact et l'autre par inhalation. Les doses utilisées ont été fixées après la réalisation de plusieurs essais préliminaires pour déterminer la dose appropriée.

L'effet insecticide des huiles essentielles de *Rosmarinus Officinalis* .L sur les individus de *Tribolium castaneum* a été bien établi .En effet, l'efficacité des huiles essentielles est confirmée par un taux de mortalité d'individus qui atteint les 91.11% et avec 50% de mortalité enregistré au bout du premier jour de l'expérimentation.

L'effet insecticide de l'huile essentielle de *Rosmarinus Officinalis* .L laisse entrevoir des perspectives d'application dans le domaine de la conservation des denrées alimentaires.

**Mots clés :** *Rosmarinus Officinalis* .L, Huiles essentielles, activité insecticide, *Tribolium castaneum* , les céréales, biopesticide .

## Absract

The Lamiaceae (Lamiaceae) family has 6000 species divided into 210 genera, found all over the world, but especially in the Mediterranean region.

Rosemary is frequently cultivated in gardens as an ornamental plant; the leaves are used as a condiment. Due to its use as a spice, *Rosmarinus Officinalis* .L is a plant very rich in essential oils which give it an insecticidal power (biopesticide).

This work consists in highlighting the insecticidal potential of the essential oil of Rosemary (*Rosmarinus Offisinalis.L*) vis-à-vis insect pests of cereals: the case of *Tribolium castaneum*.

*Rosmarinus Officinalis. L* toxicity tests on *T. castaneum* are carried out by two modes of penetration, one penetration by contact and the other by inhalation. The doses used were determined after several preliminary tests were carried out to determine the appropriate dose.

The insecticidal effect of essential oils of *Rosmarinus Officinalis .L* on individuals of *Tribolium castaneum* has been well established. Indeed, the effectiveness of essential oils is confirmed by a mortality rate of individuals which reaches 91.11% and with 50 % mortality recorded after the first day of the experiment.

The insecticidal effect of the essential oil of *Rosmarinus Officinalis .L* suggests prospects for application in the field of food preservation.

**Key words:** *Rosmarinus Officinalis .L*, Essential oils, insecticidal activity, *Tribolium castaneum*, cereals, biopesticide.

تضم عائلة 6000 Lamiaceae (Lamiaceae) نوعًا مقسمة إلى 210 أجناسًا ، توجد في جميع أنحاء العالم ، ولكن بشكل خاص في منطقة البحر الأبيض المتوسط.

كثيرا ما يزرع إكليل الجبل في الحدائق كنبات للزينة ، وتستخدم الأوراق كتوابل. بسبب استخدامه كتوابل ، يعتبر *Rosmarinus Officinalis* .L نباتًا غنيًا جدًا بالزيوت الأساسية التي تمنحه قوة مبيدات حشرية (مبيد حيوي).

يتكون هذا العمل من تسليط الضوء على إمكانات المبيدات الحشرية للزيت العطري لإكليل الجبل ( *Rosmarinus* .L) مقابل الآفات الحشرية للحبوب: حالة *Tribolium castaneum*.

اختبارات سمية نبات الروزمارينوس. يتم تنفيذ L على *T. castaneum* من خلال وضعين للاختراق ، أحدهما عن طريق الاتصال والآخر عن طريق الاستنشاق. تم تحديد الجرعات المستخدمة بعد إجراء عدة اختبارات أولية لتحديد الجرعة المناسبة.

تم إثبات تأثير المبيدات الحشرية للزيوت العطرية لـ *Rosmarinus Officinalis* .L على أفراد تريبوليوم كاستانيوم ، وبالفعل تم تأكيد فعالية الزيوت الأساسية من خلال معدل وفيات للأفراد يصل إلى 91.11٪ و 50 سجلت نسبة الوفيات في نهاية اليوم الأول من التجربة.

يقترح التأثير المبيد للحشرات للزيت العطري لـ *Rosmarinus Officinalis* .L تطبيقات محتملة في مجال حفظ الأغذية.

الكلمات المفتاحية: *Rosmarinus Officinalis* .L ، الزيوت الأساسية ، المبيدات الحشرية ، تريبوليوم كاستانيوم ، الحبوب ، المبيدات الحيوية.

# *Table des matières*

- Dédicace ..... i
- Remerciement..... ii
- Résumé..... v
- Table des matières ..... vi
- Liste des figures ..... ix
- Liste des tableaux..... x
- Liste des abréviations..... xi

---

---

- Introduction générale ..... 1

## **Premièrepartie : Synthèse bibliographique**

### **Chapitre : Généralité sur le romarin**

- 1. Généralités.....3
- 2. Historique.....3
- 3. Etude botanique et géographique de la famille de lamiacée.....3
- 4. Etude botanique et géographique du genre *Rosmarinus*.....4
- 5. Classification dans la systématique botanique.....6
- 6. Description botanique de la plante.....7
- 7. Composition chimique de *Rosmarinusofficinalis -L-* .....8

8. Les filières d'utilisation du rosmarinusofficinalis - L -.....	10
8.1. En médecine traditionnelle.....	10
8.1.1. En usage interne.....	10
a) Tonique – Stimulant.....	10
b) Apéritif - Stomachique- Dépuratif.....	10
c) Antitussif et antispasmodique.....	10
d) L'Ocytocique – Emménagogue.....	11
e) Diurétique.....	11
f) Autres utilisations.....	11
8.1.2. En usage externe.....	12
a) Antiseptique et cicatrisant.....	12
b) Emménagogue.....	12
c) Antirhumatismal /Anti-inflammatoire.....	13
d) Stimulant - Revitalisant du cuir chevelu.....	13
e) Anticonceptionnel.....	13
f) Antiparasitaire.....	13
8.2. En parfumerie.....	13
8.3. En alimentation.....	14
8.4. Comme antioxydant.....	14
8.5. Comme insecticide, antibactérien et antifongique.....	15

## **Chapitre II:Les huiles essentielles**

1. Historique.....	16
2. Définition.....	16
3. Propriétés physique .....	17
4. Composition chimique des huiles essentielles .....	17
4.1. Les terpinoïdes.....	17

4.1.1 Les monoterpènes.....	18
4.1.2 Les sesquiterpènes.....	18
4.2. Les composés aromatiques .....	18
4.3. Les composés d'origines diverses.....	19
5. Composition de H.E de romarin .....	19
6. Répartition des H.E dans la plante .....	20
7. Les méthodes d'extraction .....	20
7.1. L'entraînement à la vapeur d'eau .....	20
7.2. La distillation à vapeur saturée .....	21
7.3. L'hydrodiffusion .....	22
7.4. L'expression à froid.....	22
7.5. Extraction par solvant.....	23
7.6. Extraction par micro-onde.....	23
7.7. Hydrodistillation.....	24
8. La filière des huiles essentielles .....	25
8.1. Secteur parfumerie/ cosmétique.....	25
8.2. Secteur parfumerie technique.....	26
8.3. Secteur alimentation.....	26
8.4. Secteur médecine.....	26

## **Chapitre III: Présentation de l'insecte**

1. Généralités.....	28
2. Types de structures de stockage des grains de céréales.....	28
2.1. Le stockage traditionnel.....	28
2.2. Le stockage en vrac .....	29
2.3. Entreposage en silo.....	29
a) Le silo en métal.....	29
b) Le silo en béton.....	29

3. Les facteurs de détérioration des grains de céréales entreposés.....	30
3.1. Humidité et température.....	30
3.2. Insectes.....	31
4. Généralités sur le Triboliumconfusum.....	31
4.1. Les caractères généraux desTenebrionideae.....	31
4.2. Etude du genre Tribolium.....	33
4.3. Espèces semblables .....	35
4.4. Classification.....	35
4.5. Origine et répartition géographique.....	36
4.6. Cycle de vie.....	36
4.7. Cycle de développement.....	36
5. Morphologie de tribolium.....	37
5.1. Description des différents états de tribolium.....	37
5.1.1. L'œuf .....	37
5.1.2. La larve.....	37
5.1.3. La nymphe.....	38
5.1.4. L'imago.....	38
5.2. Distinction du sexe.....	38
5.3. Biologie.....	39
5.4. Dégâts de Tribolium rouge de la farine.....	39
5.5. Les moyens de lutte contre le Triboliumconfusum .....	40
5.5.1. La lutte préventive.....	40
5.5.2. La lutte curative .....	40
a) La lutte physique.....	40
b) La lutte chimique.....	41
c) La lutte biotechnologique.....	42
d) La lutte biologique.....	42
e) La phytothérapie.....	42
5.6. L'élevage de l'insecte.....	43

# Deuxième partie : Expérimentale

## Chapitre I: Matériel et méthode

1. Objectifs.....	44
2. Matériels biologiques.....	44
2.1. Matériel végétal .....	44
a) Récolte et préparation des plantes .....	44
2.2. Matériel animal: Récolte et élevage de l'insecte.....	44
a) Récolte.....	44
b) L'élevage.....	45
3. Méthodes .....	45
3.1. Méthode d'extraction des huiles essentielles.....	45
3.2. Test de l'activité insecticide de l'huile essentielle de Romain.....	46
a) Evaluation de la mortalité des adultes de <i>Triboliumcastaneum</i> par effet contact .....	47
b) Evaluation de la mortalité des adultes de <i>Triboliumcastaneum</i> par effet d'inhalation.....	48

## Chapitre II: Généralités sur les céréales

1. Résultats .....	50
1.1. Evaluation de la mortalité des adultes de <i>Triboliumcastaneum</i> traités par l'huile essentielle de <i>RosmarinusOfficinalis</i> .L par la technique de contact .....	51
1.2. Evaluation de la mortalité des adultes de <i>triboliumcastaneum</i> traités par l'huile essentielle de <i>RosmarinusOfficinalis</i> .L par la technique d'inhalation .....	52

2. Discussion .....	53
• Conclusion générale .....	54
• Reference .....	55

## *Liste des figures*

- Fig. 01 : Répartition géographique de la famille des Lamiaceae dans le monde entier. AP-Website (STEVENS, 2001).....2
- Fig. 02 : photo de romarin *Rosmarinus officinalis* - L -.....3
- Fig. 03: Arbuste du romarin officinal. (Original).....4
- Fig. 04 : population de Romarin du la région de Tlagh (SBA) (Original).....4
- Fig 5 :  $\alpha$ -pinène .....19
- Fig 6 : 1,8-cinéole .....19
- Fig 7 :L'extraction par l'entraînement à la vapeur.....21
- Fig 8 : Hydrodiffusion.....22
- Fig 9 : Les différents types d'extraction par solvant volatils.....23
- Fig 10 : Distillation par micro-onde.....24
- Fig 11 : Hydrodistillation.....25
- Fig 12 : Adulte de *Tribolium confusum* (Gross×50).....32
- Fig 13 : Distinction de deux espèces de tribolium : tagme antérieur (LEPESME, 1944).....33
- Fig 14 : méthode de différenciation entre le *Tribolium confusum* et le *Tribolium castaneum* (anonyme, 2018) .....34
- Fig 15 : cycle de vie de *tribolium castaneum* sur le blé.....34
- Fig 16 : larve de *tribolium castreum*.....36
- Fig 17: Image de distinction entre le mâle et la femelle chez l'espèce de *Tribolium confusum*.....38
- Fig 18 : Dégâts causée par le *Tribolium castaneum* (DIDIER, 2004).....39
- Fig 19 : Dégâts de *Tribolium castaneum* sur la semoule.....40
- Fig 20 : Elevavageun asse de *tribolium castaneum*.....43
- Fig. 21 : Population de Romarin (région de Telegh SBA) (cliché Original).....44
- Fig 22 : Boites utilisées pour l'élevage de *Tribolium castaneum*.....45
- Fig 23 : L'élevage de masse de *Tribolium castaneum* mené dans l'étuve.....45
- Fig 24 : Dispositif d'hydrodistillation (Clevenger).....46
- Fig 25 : Dispositif expérimental des essais par contact de l'huile de R.....48

- Fig 26 : Dispositif expérimentale adopté pour le test d'inhalation (DERRADJIHEFFAF, 2013) .....49
- Fig 27: Mortalité par effet d'inhalation de l'huile essentielle de Rosmarinus Officinalis. Lvis-à-vis de Tribolium castaneum (BELKACEMI Ouafa ; 2018).....51

## *Liste des tableaux*

- Tableau 1 : classification botanique de l'espèce de Rosmarinus officinalis - L - .....07
- Tableau 2 : composition des éléments nutritifs de romarin séché. (USDA national Nutrient database for standard reference, 2010).....09
- Tableau 3 : Selon Lapesme (1944) la classification cette espèce .....35
- Tableau 4 : Activité insecticide de l'huile essentielle de Romarin vis-à-vis de Tribolium castaneum après 24h de traitement (BELKACEMI Ouafa;2018).....50
- Tableau 5: Mortalité par effet d'inhalation de l'huile essentielle de Rosmarinus-Officinalis L vis-à-vis de Tribolium castaneum avec une dose fixe (8 µl).....52

## *Liste des abréviations*

- ✓ H.E : Huile Essentiel
- ✓ A.F.N.O.R : Association Française de Normalisation
- ✓ T : Tribolium
- ✓ R : Romarin
- ✓ SBA :Sidi Bel Abbes
- ✓ M : Mètres
- ✓ Fig :Figure
- ✓ G :Gramme
- ✓ Mg :milligramme
- ✓ Ug: microgramme
- ✓ Kcal : Kilocalorie
- ✓ L :litre
- ✓ Ml : millilitre
- ✓ Ul :microlitre
- ✓ Mm:millimètre
- ✓ C° : Degré Celsius
- ✓ % : Pourcentage



***Introduction***

***Générale***

## Introduction

La production agricole est généralement saisonnière alors que les besoins des consommateurs s'étendent sur tout le long de l'année, d'où la nécessité de stocker les céréales (Mikolo et al. 2007) dont le but principal est l'étalement de la consommation de denrées récoltées ponctuellement dans l'année. S'y ajoutent de nombreux facteurs socio-économiques dont l'importance pour le revenu des paysans est énorme (Ntsam, 1989).

La nécessité de stocker les produits récoltés est fonction d'un certain nombre de facteurs: La nature du produit, sa destination, sa durée de conservation et la quantité à stocker. (Ntsam, 1989)

Dans la plupart des cas, la production des céréales est assurée par une seule récolte dans l'année alors que la période de consommation est prolongée toute au long de l'année, d'où la nécessité du stockage. Cette nécessité est renforcée par l'importation des céréales dont leur production locale est insuffisante (blé). De mauvaises conditions de stockage ont des effets irréversibles sur la quantité et la qualité du grain.

En effet, de nombreux agents de détériorations (insectes, acariens, vertébrés, moisissures...) sont la cause de la perte d'une grande partie des récoltes de céréales (Pfohl-Leskowicz, 1999). (Davidson et Lyon, 1979) estiment que les pertes des grains céréales stockés dans les pays développés sont de 5% et de 30% dans les pays sous-développés.

Les insectes des denrées stockées représentent une partie très importante des ravageurs des céréales stockées. Ils peuvent causer des pertes importantes en réduisant la qualité et/ou la quantité des produits stockés. D'après la FAO (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), les pertes dues aux insectes nuisibles correspondent à 35% de la production agricole mondiale.

En raison de son efficacité et de son application facile et pratique, l'utilisation d'insecticides chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les insectes nuisibles. Cependant, l'emploi intensif était considéré de ces insecticides a provoqué une contamination de la chaîne alimentaire, et l'apparition d'insectes résistants. Ces dangers ont conduit l'OMS (Organisation mondiale de la Santé) à interdire l'usage de certains

insecticides chimiques, d'autres vont être prohibés dans un futur proche. Suite la majorité des pays ont eu recours à de nouvelles méthodes de lutte plus propres dans le but de limiter l'utilisation des produits chimiques, parmi celles-ci l'utilisation de substances naturelles actives, non polluantes et s'utilisant dans une lutte moins nocive et plus raisonnée.

La lutte biologique prend diverses formes, mais celle qui retient l'attention des chercheurs à l'heure actuelle est l'utilisation de substances naturelles d'origines végétales.

Pour mettre en valeur ces ressources naturelles locales, les plantes médicinales à effet insecticide plusieurs prospections de terrain et d'enquêtes et de recherches bibliographiques ont été effectuées. Finalement notre choix a porté sur la plante, *Rosmarinus officinalis* - L- (Romarin) dans la région de Sidi Bel Abbes (Teleggh),

L'objectif essentiel de cette étude est d'évaluer l'effet insecticide de plante sur un insecte ravageur des céréales stockées dans la région de Sidi Bel Abbes, il s'agit de *Tribolium castaneum* (Coleoptera, Tenebrionidae).

*Chapitre I:*

**Généralités sur le romarin**

## 1. Généralités :

Les plantes aromatiques constituent une richesse naturelle très importante dont la valorisation demande une parfaite connaissance des propriétés à mettre en valeur. Les propriétés des plantes dépendent de la présence d'agents bioactifs variés et appartenant à différentes classes chimiques (**Mailhebiau, 1994**).

## 2. Historique

Le romarin, chargé de symboles chez les Anciens qui en faisait des couronnes, a servi à l'élaboration d'un remède longtemps réputé, «l'Eau de la reine de Hongrie» qui en fait est un alcoolat : à l'aide de ce remède, la souveraine, âgée de 72 ans, guérit des rhumatismes et de la podagre (**Botineau, 2010**). Les médecins arabes utilisaient beaucoup le romarin et ce sont eux qui réussirent les premiers à en extraire l'huile essentielle (**Fuinel, 2003**).

## 3. Etude botanique et géographique de la famille de Lamiaceae :

La famille des Lamiacées (labiées) du Latin (Labia : lèvre) signifiant que les fleurs ont une forme caractéristique à deux lèvres (**COUPLAN, 2000 ; NAGHIBI et al. 2005**), comprend environ 6970 espèces réparties en 240 genres (**MEYER et al. 2004**). Ce sont généralement des plantes herbacées vivaces odorantes, à tiges quadrangulaires, feuilles en général opposées sans stipules. Le plus souvent hermaphrodites, les fleurs pentamères (**MEYER et al., 2004**) sont généralement réunies en cymes axillaires plus ou moins contractées simulant souvent des verticilles, ou encore condensées au sommet des tiges, et simulant des épis de fruit constitué par 4 akènes plus ou moins soudés par leur face interne (**MESSAILI, 1995**). Cette famille est caractérisée aussi par quatre étamines dont deux plus longues (didynames), soit en deux étamines soudées au tube de la corolle ou à la zone périgyne et alternant avec les lobes. Ces caractères varient selon les genres : corolle presque régulière (*Mentha*) ou uni labiée (*Teucrium*); deux étamines (*Salvia*) (**QUEZEL et SANTA, 1963; OZENDA, 1977**). La famille des Lamiacées est très importante dans la flore algérienne, mais certains genres sont de détermination délicate en raison de la variabilité extrême des espèces (**QUEZEL et SANTA, 1963**). Elles sont surtout des plantes méditerranéennes (**CARRUBBA et al. 2006**), qui ne se rencontrent guère que dans la région

présaharienne et dans l'étage supérieur du Hoggar, sauf les trois espèces *Marrubium deserti*, *Salvia aegyptiaca* et *Teucrium polium* qui sont plus largement répandues (OZENDA, 1977).

La famille des Lamiacées est une partie importante des plantes dicotylédones et est répartie sur l'ensemble de la surface de la planète, bien qu'elles soient plus présentes en climats tempérés et surtout dans le pourtour méditerranéen (Fig. 01) (JUDD et al., 2000).



**Fig. 01 : Répartition géographique de la famille des Lamiacées dans le monde entier. AP-Web site (STEVENS, 2001)**

#### **4. Étude botanique et géographique du genre *Rosmarinus* :**

Le romarin (*Rosmarinus officinalis.L*) est une plante médicinale originaire du bassin méditerranéen qui pousse à l'état sauvage, le romarin aime les terrains calcaires et s'accommode très bien à des contrées arides et rocailleuses. On le reconnaît aisément, toute l'année. Ce sont les feuilles, les sommités fleuries, qu'on aura pris le soin de sécher, qui sont souvent utilisées en phytothérapie ( Fig. 02) .

Le romarin a fait l'objet de récentes recherches dans les domaines pharmaceutique et agroalimentaire. Il possède des propriétés anti-inflammatoires, antispasmodiques (Gianmario et al. 2007) et une action sur le système nerveux. Le romarin possède d'excellentes propriétés anti-oxydante et antimicrobienne. Le romarin, comme toutes les plantes aromatiques et

médicinales, contient des composés chimiques ayant des propriétés antibactériennes. (*Jean-Claude Rameau et al., Flore forestière française: Région méditerranéenne, 2008*).



Fig. 02 : photo du romarin (*Rosmarinus officinalis. L.*).

### ➤ Répartition géographique

*Rosmarinus officinalis* est une plante spontanée de tout le bassin méditerranéen et plus particulièrement du littoral qui demande un sol calcaire, de faible altitude, ensoleillé et modérément sec. De par ces exigences, elle est indigène des pays méditerranéens tels que, Italie, Espagne, Tunisie, Maroc, Algérie, Ex-Yougoslavie, Albanie, Egypte, Palestine, Grèce, Chypre et jusqu'en Asie mineure, au Portugal, au nord-ouest de l'Espagne (**Flora of Turkey, 1982; Davi, 1982**) ; on le trouve dans tout le sol algérien (**Quezel, 1963**)



**Fig. 03: Arbuste du *romarin officinal*. (Cliché Original)**



**Fig. 04 : Population de Romarin (région de Telegh SBA) (cliché Original)**

### **5. Classification dans la systématique botanique :**

Le tableau suivant représente la classification botanique de l'espèce de *Rosmarinus officinalis* (QUZEL ET SANT ; 1963)

Règne :	Planté :
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	Magnoliopsida
Ordre	<i>Lamiales</i>
Famille	<i>Lamiaceae</i>
Genre	<i>Rosmarinus</i>
Espèce	<i>Rosmarinus officinalis</i>

**Tableau 1 : classification botanique de l'espèce de *Rosmarinus officinalis* .L**

## 6. Description botanique de la plante :

C'est un arbuste à feuilles persistantes pouvant atteindre 2 m de haut, à nombreux rameaux dressé sou quelque fois prostrés (variété pro stratus).

- ✓ Les feuilles sessiles et opposées, sont étroites t coriaces, à bordes en roulées en dessous, vertes à la face supérieure velues blanchâtres à la face inférieure.
- ✓ Les fleurs bleu lavande à blanches (variété albiflorus) sont disposées en courtes grappes à l'aisselle des feuilles, sur la partie supérieure des rameaux. Sous climat méditerranéen la, floraison a lieu presque toute l'année.
- ✓ Le calice, d'aspect pulvérulent, présente un tube campanulé à 3 divisions dont la plus large est la lèvre supérieure.
- ✓ La corolle : son tube plus long que le calice, s'élargit sur 2 lèvres inégales :
  - la lèvre supérieure à 2 lobes ;
  - la lèvre inférieure à 3 lobes dont le médiane stp lus développée t concave.

L'androcée comporte 4 étamines dont 2 sont stériles et réduites à des crochets. Les 2 autres, saillantes, sont insérées sur la gorge par leur filet muni d'une petite dent. Ces 2 étamines sont des anthères allongées uniloculaires et déhiscentes par une seule fente.

- ✓ Le gynécée, se compose d'un style se terminant par un stigmate qui se développe  
Souvent après les étamines .L 'ovaire a 2 carpelles divisée n 2 parties.
- ✓ Le fruit est un tetrakène brun dont chaque partie renferme un seul embryon sans albumen.
- ✓ L'huile essentielle : la plante dégage une agréable odeur rappelant l'Encens (d'où l'origine de l'un de ses noms vernaculaires " Encensier"), provenant de l'huile essentielle élaborée au niveau du calice et des feuilles par des poils sécréteur glanduleux à tête unicellulaire (face inférieure et supérieure) et à tête octocellulaire (face inférieure seulement).
- ✓ Le nectaire: la masse nectarifère est abondante et les abeilles qui butinent les fleurs de romarin élaborent un miel parfumé appelé miel de Romarin ou "miel de Narbonne".
- ✓ Les racines sont ramifiées. (**BONNIER, 1934 ; GARNIER et coll., 1961 ; FOURNIER, 1948**)

## 7. Composition chimique de *Rosmarinus officinalis* .L :

Le romarin possède une odeur légèrement camphrée et une saveur piquante et parfumé assez prononcée (**Mini-encyclopédie des aliments, 2008**), il contient plusieurs éléments nutritifs (*Voir tableau 02*).

<u>Nutriment</u>	<u>Unité</u>	<u>Valeur 100 g</u>
Eau	G	9.31
Energie	kcal	331
Protéine	g	4.88
Lipides Totaux (matières grasses)	g	15.22
Glucides, par différence	g	64.06
Fibres	g	42.6
Calcium	mg	1,280
Vitamine C	mg	61.2
Vitamine B6	mg	1.740
Vitamine B12	µg	0.00
Acides gras saturés	g	7.371
Acides gras, mono insaturés	g	3.014
Acide gras polyinsaturés	g	2.339

**Tableau2 : composition des éléments nutritifs de romarin Séché. (USDA national Nutrient database for standard reference, 2010).**

➤ **Principes actifs**

Les principaux constituants du romarin responsables des différentes propriétés sont :

- ✓ **Acides phénoliques** : acide vinylique, acide caféique, acide p-coumarique (**Ibañez et al. 2003 ; Ramirez et al. 2004 ; Caverro et al. 2005 ; Herrero et al., 2005 ; Muchuweti et al., 2007 ; Pérez et al., 2007**).
- ✓ **Flavonoïdes** : genkwanine, cirsimaritrine (**Ibañez et al. 2000; Caverro et al. 2005**), ériocitrine, hespéridine, diosmine, lutéoline (**Okamura et al. 1994 ; Del Baño et al., 2004**), et apigénine (**Yang et al., 2008**).

## 8. Les filières d'utilisation du *rosmarinus officinalis*. L :

### 8.1. En médecine traditionnelle :

Les indications thérapeutiques actuelles du romarin rassemblées ci –après font, pour la plupart, référence à son usage pratiqué en Afrique du Nord (**Tunisie, Algérie, Maroc, Sahara Algérois**). Nous classerons son utilisation en deux catégories: usage interne et usage externe. On tire plusieurs drogues de cette plante : huile essentielle, feuilles, sommités fleuries.

#### 8.1.1. En usage interne :

##### a) Tonique – Stimulant :

L'huile essentielle s'emploie comme stimulant en cas de surmenage ou d'asthénie ou pendant les convalescences (après une fièvre typhoïde, (**FOURNIER' 1948**). Le romarin (partie de plante non précisée) s'emploie aussi contre la paralysie et l'épilepsie (**DUCROS, 1930**) et contre les phénomènes de "débilité de tous genres".

##### b) Apéritif - Stomachique- Dépuratif :

Dans le sud tunisien, le romarin "iazir" se prend en infusion sucrée, comme apéritif, le matin et à jeun (**REBOUL, 1953 ; MAIRE et SAVELLI, 1955 ; PASSAGER et DOREY' 1958 ; CHOPRA et coll., 1960**). Cette même infusion aurait des vertus stomachiques (**BOUCHAT, 1956 ; DUKE et AYENSU, 1985**). Il s'utilise aussi contre les maux d'estomac, les vomissements, les fermentations intestinales (**BOUQUET, 1921**) et contre les coliques, soit en infusion sucrée (**BOUCHAT, 1956**), soit pris avec du lait caillé ou dans une pâte faite de farine, de beurre et de citron (**PRAX, 1850 cité par LE FLOC'H, 1983**).

---

**c) Antitussif et antispasmodique :**

Les feuilles de romarin en infusion ont une action calmante sur la toux (**PASSAGER et DOREY, 1958 ; DOREAU, 1961**) et s'emploient également dans d'autres affections bronchiques: l'asthme et la coqueluche (**FOURNIER, 1948**). L'huile essentielle a également des vertus antispasmodiques. Son action s'exerce surtout au niveau des parois des vaisseaux, dans le cas de spasme vasculaires, de la diminution des irrigations périphérique est de l'hypotension (**ANTOINE, 1991**).

**d) L'Ocytocique – Emménagogue :**

Le romarin (sans autre précision) provoquerait des contractions utérines et de ce fait serait abortif (**DUKE et AYENSU, 1985**). Les indications suivantes sont préconisées surtout dans le Sahara algéroise et les détails d'utilisation varient d'une oasis à l'autre :

- pendant l'accouchement, le romarin utilisé en décoction accélère travail des parturientes (**BOUCHAT, 1956**) et, utilisé en infusion, il facilite l'accouchement et "purifie" le sang de la mère (**PASSAGER et DOREY, 1958; DOREAU, 1961**)
- Après l'accouchement le romarin est utilisé seul en infusion à renouveler plusieurs fois ou, associé à *Ruta chalepensis* (abortif) en infusion de feuilles sèches (**REBOUL, 1953**) ou encore associé à du blé cuit à l'eau (**PASSAGER et BARBANCON, 1956**).

**e) Diurétique :**

Le romarin est utilisé comme diurétique sous forme de vin diurétique dans les cas d'hydropisie et d'œdème. Préparation du vin diurétique : macération d'une poignée de romarin dans un litre de vin blanc pendant 24 heures et à l'obscurité.

- Posologie: 3 à 4 cuillérées à soupe matin et soir (**FOURNIER, 1948**).

**f) Cholagogue et cholérétique :**

Les feuilles et les sommités fleuries en infusion à 5 %, ou en extrait fluide, sont indiquées dans le cas de cholécystites chroniques, d'ascites par hypertrophie du foie, d'ascites

---

par "cirrhose de Laennec", d'ictères par hépatite ou par obstruction (**Parturier et Rousselle, 1929 cités par FOURMER, 1948 ; LE MORDANT et coll., 1977**).

- Posologie: 30 à 40 gouttes avant les repas de midi et du soir. Au Maroc, le romarin

"azir" est vendu dans les boutiques de tradipraticiens ; il fait partie des drogues simples et des préparations, pour ses propriétés cholagogues et antiseptique (**SC LAISSE, 1990**).

### **g) Autres utilisations :**

On recense d'autres utilisations du romarin dans les problèmes de circulation sanguine du cœur, du système nerveux (**FOURNIER, 1948**). Il est efficace aussi dans les cas de vertiges, de palpitations et de névralgies (sous forme de teintures). En Amérique -latine, l'infusion de romarin s'utilise pour améliorer la mémoire (propriété déjà reconnue dans l'Antiquité).

### **8.1.2. En usage externe :**

#### **a) Antiseptique et cicatrisant**

Les feuilles de romarin desséchées est mélangées à de l'huile ou réduite en poudre sont vulnérables pour des plaies récentes comme la circoncision (**TROTTER , 1915 ; PASSAGER et BARBANCON, 1956 ; DORVAULT et WEITZ, 1945 ; BOUQUET, 1921**).

Les feuilles en décoctions sont préconisées dans le cas des leucorrhées et injections vaginales et dans le cas des amygdalites en gargarisme (**FOURNIER, 1948**).

Le romarin s'emploie aussi en fumigation, pour traiter les affections respiratoires (**FOURNIER, 1948**).

#### **b) Emménagogue :**

Les bains aromatiques et les applications de compresse chaudes de romarin provoquent l'écoulement du flux menstruel (**GATTEFOSSE, 1921 ; DUCROS, 1930 ; MAIRE et**

SAVELLI, 1955 ; DOREAU, 1961 ; WINDHOLZ et coll., 1976) (en Afrique du Nord et en Amérique du Sud).

### c) Antirhumatismal /Anti-inflammatoire :

Les feuilles de romarin cuites dans du vin ou en décoction dans l'eau sont utilisées comme compresses en application sur "les gonflements articulaires" et les œdèmes. (FOURMER, 1948 ; WINKELMAN, 1986). Le romarin cuit dans l'huile est indiqué pour les maux de gorge (LOUIS' 1979).

### d) Stimulant - Revitalisant du cuir chevelu :

L'huile essentielle de romarin entre dans la composition de bain tonifiant et fortifiant pour les enfants, le romarin entre aussi dans la composition de shampoings.

### e) Anticonceptionnel :

En Amérique Centrale, le romarin fait partie d'une préparation avec (*Artemisia maritima*) qui pourrait produire une stérilité temporaire (DIKE, 1985).

### f) Antiparasitaire

L'infusion de feuilles et de fleurs dans "l'esprit de vin" entre dans le traitement de la gale et de la pédiculose. Le romarin entre également dans la préparation d'un bain pour se débarrasser de *Phtirus pubis* (GARNIER et coll., 1961)

## 8.2. En parfumerie :

L'utilisation du romarin en parfumerie est très ancienne. Le premier parfum alcoolique dont on connait l'existence est l'eau de Hongrie, alcoolat fréquemment utilisé au XVIIe siècle et qui pourrait dater du XIVe siècle, dont le romarin était l'un des principaux composants [La Belgique horticole: Annales de botanique et d'horticulture]. L'essence est obtenue par la distillation des branches, de préférence en n'utilisant que les sommités fleuries.

Elle contient notamment du Bornéo [Revue suisse de viticulture, arboriculture, horticulture. 2001], du 1,8 cinéol [Souâd Akroum, Étude des propriétés biochimiques des polyphénols et tannins issus de *Rosmarinus officinalis.L* et *Vicia faba L.*, 2006] (ou eucalyptol), du camphène [Rao et al. (*Rosmarinus officinalis L.*): *Impact of drying on itsflavorquality*] et du pinène [Revue suisse de viticulture, arboriculture, horticulture. 2001]. Le romarin entre dans la composition de parfums surtout masculins, hespéridés aromatiques (eaux de Cologne), boisés et fougères aromatiques.

### 8.3. En alimentation :

Le romarin est très utilisé en tant que condiment dans le bassin méditerranéenne et en Angleterre pour aromatiser les viandes (poulet, canard, lapin, porc, veau, agneau), les poissons les ragouts, les soupes et les légumes (pommes de terre, aubergines,...) (DUKE,1985).

Il existe du miel spécialement produit à partir du nectar et fleurs de romarin. Ce miel très parfumé est appelé "Miel de Narbonne" ou miel de romarin (BONNIER, 1934).

### 8.4. Comme antioxydant :

Déjà au XIII ème siècle (IBN AL BAYTAR traduit par LECLERC, 1877), le romarin s'employait en Afrique de Nord "pour arrêter le développement de la putréfaction dans le ventre des animaux tués à la chasse". Dans ce cas, c'est à la fois son action antimicrobienne et antioxydant qui serait mises à profit.

Toujours en Afrique du Nord, le romarin s'emploie pour éviter le rancissement du beurre fondu dans les outres (LOUIS, 1979). DELAVEAU (1987) rapporte que "les charcutiers sont coutume de traiter à chaud le saindoux, aussitôt a près a battage du porc, par chauffage en son sein d'un bouquet de romarin où il agit à la fois comme antioxydant et

comme conservateur tan dis que son essence aurait un rôle antibactérien 'modéré DELAVEAU cite également' utilisation d'huile de romarin"

### **8.5. Comme insecticide, antibactérien et antifongique :**

Le romarin est utilisé comme insecticide en Amérique Latine. C'est un antimite parfumé. L'huile essentielle est bactéricide et fongicide (**MARUZZELLA et HENRY, 1958; MARTJZZELLA et LIGUORI, 1958 ; ROUSSEL et coll ; 1973 ; FARAG et coll. , 1986,STEINMETZ et coll., 1988**).

## ***Chapitre II:***

### *Les huiles essentielles*

### 1. Historique :

Beaucoup d'indices nous prouvent que l'utilisation d'huiles essentielles remonte au début de l'histoire humaine : des alambics (appareil qui exploite les propriétés des différences de T° d'évaporation des matières) datant de 7000 ans, des écrits égyptiens vieux de plus de 3500 ans...etc. **(LAMARA.M ; 2013)**

Bien que nous ne connaissons pas exactement l'origine de l'emploi des huiles qu'on leur trouvait il y a plusieurs milliers d'années, il est certain que ces peuples anciens avaient trouvé les multiples utilités des huiles essentielles. Il y a plus d'un siècle, les H.E étaient presque uniquement réservées à la fabrication de parfums et de tout autre produit aromatique.

Depuis plusieurs années, nous découvrons les diverses propriétés thérapeutiques des HE. La médecine douce et les techniques de relaxation emploient les huiles et leurs arômes pour le traitement de plusieurs conditions comme le stress, l'insomnie, etc. la médecine traditionnelle aussi se penche de plus en plus vers les HE en solution ou en inhalateur pour améliorer la qualité de vie des patients par l'aromathérapie **(LAMARA.M ; 2013)**.

### 2. Définition :

Plusieurs définitions disponibles d'une HE convergent sur le fait que HE, communément appelées « essences ». ce sont des substances volatiles et odorantes obtenues des végétaux par entraînement à la vapeur d'eau et d'autres méthodes. Elles se forment dans un grand nombre de plantes comme produits du métabolisme secondaire. **(Belaiche, 1979 ; Valnet, 1984 ; Wichtel et Anthon, 1999)**.

La norme-AFNOR NF T75-006- définit HE comme : « un produit obtenu à partir d'une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par hydro-distillation. L'HE est séparé de la phase aqueuse par des procédés physiques **(Garnero, 1996)**.

Leurs caractères physiques sont les suivants

- ✓ Les HE sont acides, inflammables et très odorantes.
- ✓ Elles sont solubles dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, les huiles fixes, insolubles dans l'eau à laquelle elles communiquent.

- ✓ Elles ont un indice de réfraction élevé.
- ✓ Elles sont très altérables et sensibles à l'oxydation
- ✓ Elles sont dextrogyres ou lévogyres et rarement inactives sur la lumière polarisée.
- ✓ Leur point d'ébullition varie de 160°C à 240°C et leur densité de 0,759 à 1,96.

### 3. Propriétés physique :

Les huiles essentielles sont des substances liquides à température ambiante, elles sont volatiles, ce qui les différencie des huiles fixes. Elles ne sont que très rarement colorées, leur densité est généralement inférieure à celle de l'eau (les huiles essentielles de sassafras, de girofle ou de cannelle sont plus denses que l'eau) (COHEN, 2013).

Selon SELLES (2006), du point de vue chimique, les huiles essentielles sont des mélanges complexes pouvant contenir plus de 300 composés différents, ces composés sont des molécules volatiles appartenant pour la grande majorité à la famille des terpènes (PIOCHON, 2008). Les huiles essentielles sont liposolubles, solubles dans les solvants organiques usuels ainsi que dans l'alcool, mais très peu solubles dans l'eau. Il faut donc impérativement un tensioactif pour permettre leur mise en suspension dans l'eau. Elles présentent un indice de réfraction élevé (LAKHDAR, 2015).

### 4. Composition chimique des huiles essentielles

Ceux sont des mélanges complexes de composants appartenant principalement à deux groupes, caractérisés par des origines biogénétiques apparentes dont les terpinoïdes et les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (BRUNETON, 1993).

#### 4.1. Les terpinoïdes

Les terpinoïdes retrouvés dans les huiles essentielles sont les terpènes les plus volatiles, c'est-à-dire ceux dont la masse moléculaire n'est pas trop élevée : mono et sesquiterpènes (BRUNETON, 1993).

#### 4.1.1. Les monoterpènes

Toujours présents, les carbures monoterpéniques, sont constitués de 10 molécules de carbones C<sub>10</sub>, peuvent être acyclique myrcène, ocimène..., monocyclique α et β- terpène, paracymène... ou bicycliques: pinènes, delta-3-caréne, camphène, sabinène. Ils constituent parfois plus de 90% de l'huile essentielle : Citrus, térébenthines (**BRUNETON ,1993**).

Mise à part les carbures d'autres molécules fonctionnalisées sont rencontrées comme

- **Les alcools** : ils peuvent être acycliques : geraniol, linalol, monocycliques menthol, ou bien bicycliques comme bornéol, fenchol.
- **Les phénols** : Thymol, carvacrol, eugenol et anéthol.
- **Les aldéhydes**: acycliques le plus souvent : géranial, néral, citronelal
- **Les esters** : pouvant être acycliques, acétate ou propionate de linalyle, acétate de citronellyle, monocyclique: acétate de menthyle et bicycliques: acétate d'isobornyle.
- **Les cétones** : acyclique tagétone, monocycliques menthone, carvone et bicyclique, Thuyone, fenchone, camphre.
- **Les pyroxydes**: ascaridole
- **Les phénols**: thymol et carvacrol

#### 4.1.2. Les sesquiterpènes :

Dans cette famille de produits, nous trouvons les mêmes groupements fonctionnels que dans le cas des monoterpènes, à savoir carbures, alcools, cétones étant les plus courants. A titre d'exemple nous citons quelques composés caractéristiques des huiles essentielles

- **Carbures**: α-bisabolène, β-caryophyllène, les alcools farnésol, carotol
- **Les cétones**: αvétivone, les aldéhydes comme sinénal
- **Les esters**: acétate de cédryl, cette famille est constituée de 10 carbonnes (**BRUNETON, 1993**).

#### 4.2. Les composés aromatiques :

Les dérivés phénylpropane (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>) sont beaucoup moins courants que les précédents. Ce sont habituellement des Allyl et Propylphénols, parfois des aldéhydes, caractéristiques de

certaines huiles essentielles d'Apiaceae (anis, fenouil, persil). Anéthole, Anisaldéhydes, apiol, methyl-chavicol, mais aussi de celles du girofle de la muscade de l'estragon, Eugénol, Myristicine. Cinnamaldéhydes, on retrouve également des composés en (C6-C1) comme la vanilline ou comme l'anthramilate de méthyle (**BRUNETON, 1993**).

### 4.3. Les composés d'origines diverses

Selon le mode de récupération utilisé, les huiles essentielles peuvent renfermer divers composés aliphatiques, généralement de faible masse moléculaire, entraînés lors de l'hydrodistillation, carbure (linéaires et ramifiés, saturés ou non), acides (C3 à C10), alcools, aldéhydes, esters acycliques, lactones.

Dans les concentrations, il n'est pas rare de trouver des produits de masse moléculaire plus importante non entraînés à la vapeur d'eau ; homologues des phénylpropanes, diterpènes coumarines (**BRUNETON, 1993**)

### 5. Composition de H.E de romarin :

La composition d'HE de romarin dépend fortement des chimiotypes ainsi que du degré de développement de la plante. Ses principaux constituants peuvent être du :

- ✓ 1,8 – Cinéole (teneur entre 3 et 60 %) ;
- ✓ L'α-pinène (1 à 57%) ;
- ✓ Autres composés tels que le bornéol (1 à 18%) ;
- ✓ L'acétate de bornyle (1 à 21%) ;
- ✓ La verbénone (0 à 28%) ;
- ✓ P-cymène (0,5 à 10 %) ; ils peuvent être accompagnés de α caryophyllène, de limonène, de linalol, de α -pinène, de sabinène, de α terpinène, d'α terpinéol et de terpinéol-4 ; la présence d'octan -3- one (teneur allant jusqu'à 10%) est contestée

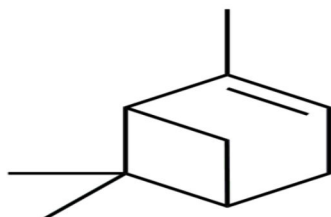


Fig 5 : α-pinène

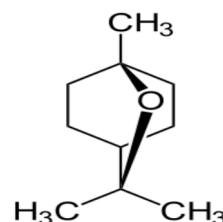


Fig 6 : 1,8-cinéole

## 6. Répartition des H.E dans la plante :

Les huiles essentielles n'existent quasiment que chez les végétaux supérieurs (**BEKHECHI et ABDELOUAHID, 2014**). Elles se retrouvent dans des glandes minuscules situées dans différentes parties de la plante aromatique : les feuilles, les fleurs, les fruits, les graines, l'écorce et pour certaines plantes dans les racines (**MAKHLOUFI, 2013**). Les glandes sécrétrices sont réparties sur l'ensemble de la plante, rares sur les faces supérieures des feuilles et des tiges. Elles sont un peu plus nombreuses sur le dessous des feuilles, mais elles sont abondantes surtout sur le calice des fleurs. D'après **DJARRI (2011)**, la formation des huiles essentielles dans les végétaux est le résultat d'une multitude de réactions biochimiques dont certaines ne sont pas encore élucidées. Les huiles essentielles prennent naissance dans des appareils sécréteurs qui ont une forme variée.

## 7. Les méthodes d'extraction :

Il existe plusieurs méthodes pour extraire les HE.

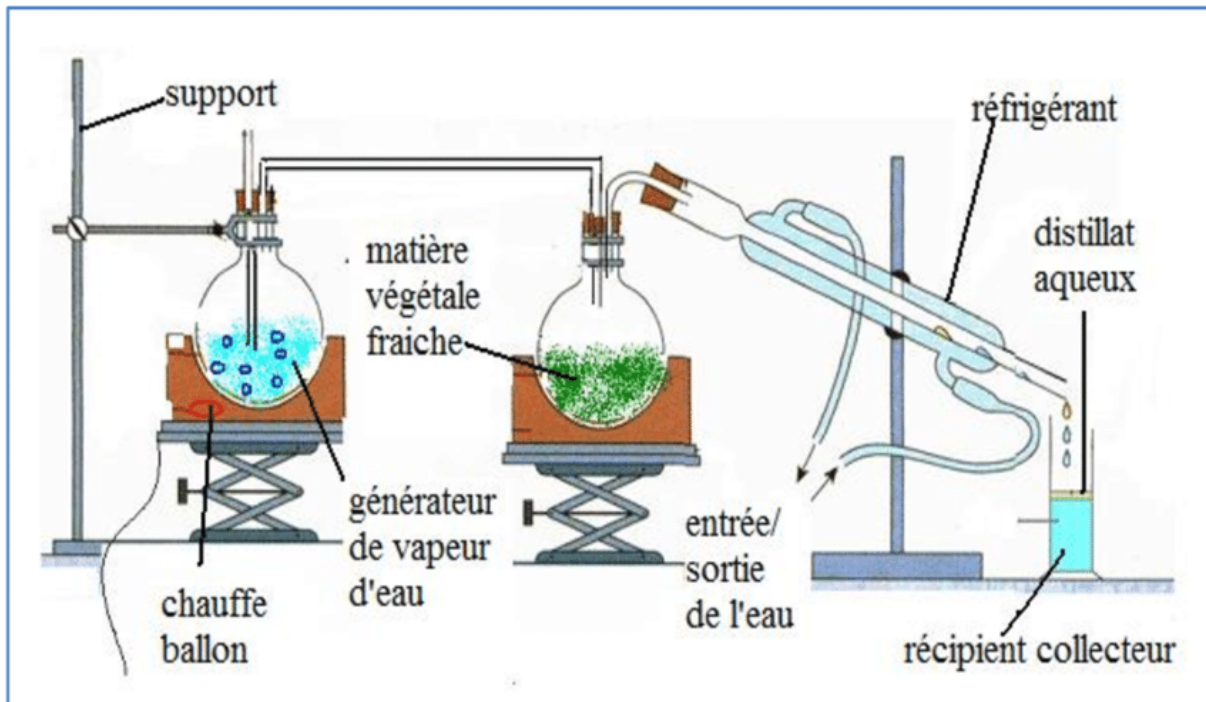
Les principales sont basées sur l'entraînement à la vapeur, l'expression, la solubilité et la volatilité. Le choix de la méthode la mieux adaptée se fait en fonction de la nature de la matière végétale à traiter, des caractéristiques physico-chimiques de l'essence à extraire, de l'usage de l'extrait et l'arôme du départ au cours de l'extraction (**Bekhechi Chahrazed et Abde Lwahid Djamel ; 2013**).

Il existe plusieurs méthodes d'extraction dont voici les principales.

### 7.1. L'entraînement à la vapeur d'eau :

L'entraînement à la vapeur d'eau est l'une des méthodes officielles pour l'obtention des huiles essentielles. A la différence de l'hydro distillation, cette technique ne met pas en contact direct de l'eau et la matière végétale à traiter. La vapeur d'eau fournie par une chaudière traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. Durant le passage de la vapeur à travers le matériel, les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui est vaporisée sous l'action de la chaleur pour former un mélange « eau + huiles essentielles ». Le mélange est

ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier avant d'être séparé en une phase aqueuse et une phase organique : l'huile essentielle. L'absence de contact direct entre l'eau et la matière végétale, puis entre l'eau et les molécules aromatiques évite certains phénomènes d'hydrolyse ou de dégradation pouvant nuire à la qualité de l'huile ( **Zlator Zynski ; 1995**).



**Fig 7 : L'extraction par l'entraînement à la vapeur**

### **7.2. La distillation à vapeur saturée :**

Dans cette variante, la matière végétale n'est pas en contact avec l'eau. La vapeur d'eau est injectée au travers de la masse végétale disposée sur des plaques perforées. La distillation à vapeur saturée est la méthode la plus utilisée à l'heure actuelle dans l'industrie pour l'obtention des huiles essentielles à partir de plantes aromatiques ou médicinales.

En général, elle est pratiquée à la pression atmosphérique ou à son voisinage et à 100°C, température d'ébullition d'eau. Son avantage est que les altérations de l'huile essentielle recueillie sont minimisées (**Legast et al ; 1983**).

### 7.3. L'hydrodiffusion :

L'hydro diffusion est une variante de l'entraînement à la vapeur. Cette technique relativement récente et particulière. Elle exploite ainsi l'action osmotique de la vapeur d'eau. Elle consiste à faire passer, du haut vers le bas et à pression réduite, la vapeur d'eau au travers de la matrice végétale.

L'avantage de cette méthode est d'être plus rapide donc moins dommageable pour les composés volatils, et de ne pas mettre en contact le matériel végétal et l'eau. De plus, l'hydro diffusion permet une économie d'énergie due à la réduction de la durée de la distillation et donc à la réduction de la consommation de vapeur. *[DEGRYSE A, DELPLALA I, VOINIER M. 2008. Risque et bénéfices possibles huiles essentielles.]*

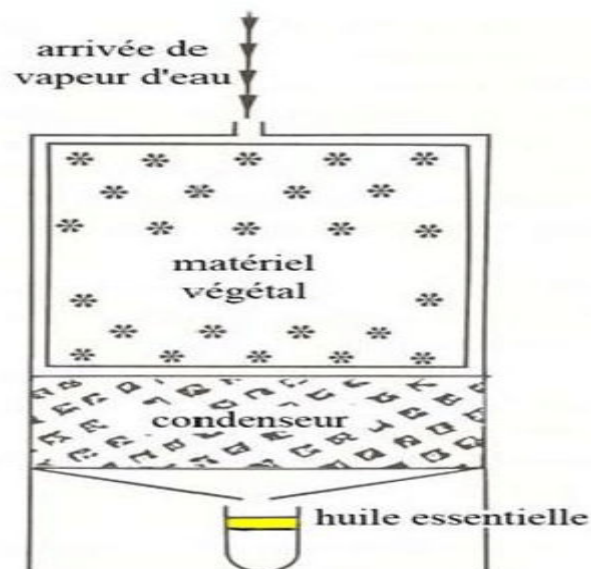


Figure 8 : Principe de l' Hydrodiffusion

### 7.4. L'expression à froid :

L'extraction par expression est souvent utilisée pour extraire les huiles essentielles des agrumes comme le citron, l'orange, la mandarine, etc. Son principe consiste à rompre mécaniquement les poches à essences. L'huile essentielle est séparée par décantation ou centrifugation. D'autres machines rompent les poches par dépression et recueillent

directement l'huile essentielle, ce qui évite les dégradations liées à l'action de l'eau (Basil et al ; 1998).

### 7.5. Extraction par solvant :

La technique d'extraction « classique » par solvant, consiste à placer dans un extracteur un solvant volatil et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va se charger en molécules aromatiques, avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique. L'extraction par solvant organique volatil reste la méthode la plus pratiquée. Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol, le méthanol, le dichlorométhane et l'acétone. Le solvant choisi, en plus d'être autorisé devra posséder une certaine stabilité face à la chaleur, la lumière ou l'oxygène, sa température d'ébullition sera de préférence basse afin de faciliter son élimination, et il ne devra pas réagir chimiquement avec l'extrait. L'extraction est réalisée avec un appareil de Soxhlet ou un appareil de Lickens-Nickerson. (Raynaud, J.2006.prescription et conseil en aromatherapie)

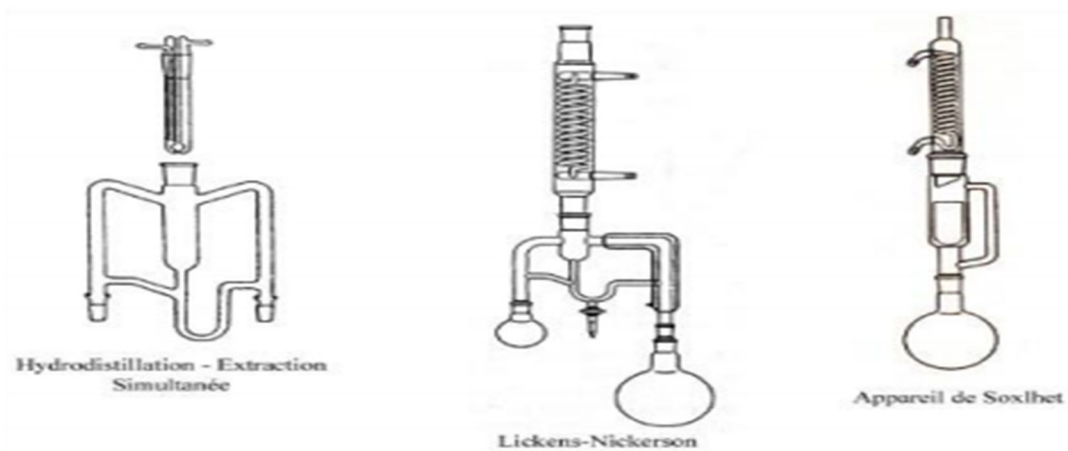


Figure 9 : Les différents types d'extraction par solvant volatils.

### 7.6. Extraction par micro-onde :

Cette technique d'extraction a été développée au cours des dernières décennies à des fins analytiques. Le procédé consiste à irradier par micro-ondes de la matière végétale broyée en présence d'un solvant absorbant fortement les micro-ondes (le méthanol) pour l'extraction

de composés polaires ou bien en présence d'un solvant n'absorbant pas les microondes (hexane) pour l'extraction de composés apolaires. L'ensemble est chauffé sans jamais atteindre l'ébullition durant de courtes périodes entrecoupées par des étapes de refroidissement.

L'avantage essentiel de ce procédé est de réduire considérablement la durée de distillation et d'obtenir un bon rendement d'extrait (**Padrini et Iucherani ; 1996**).

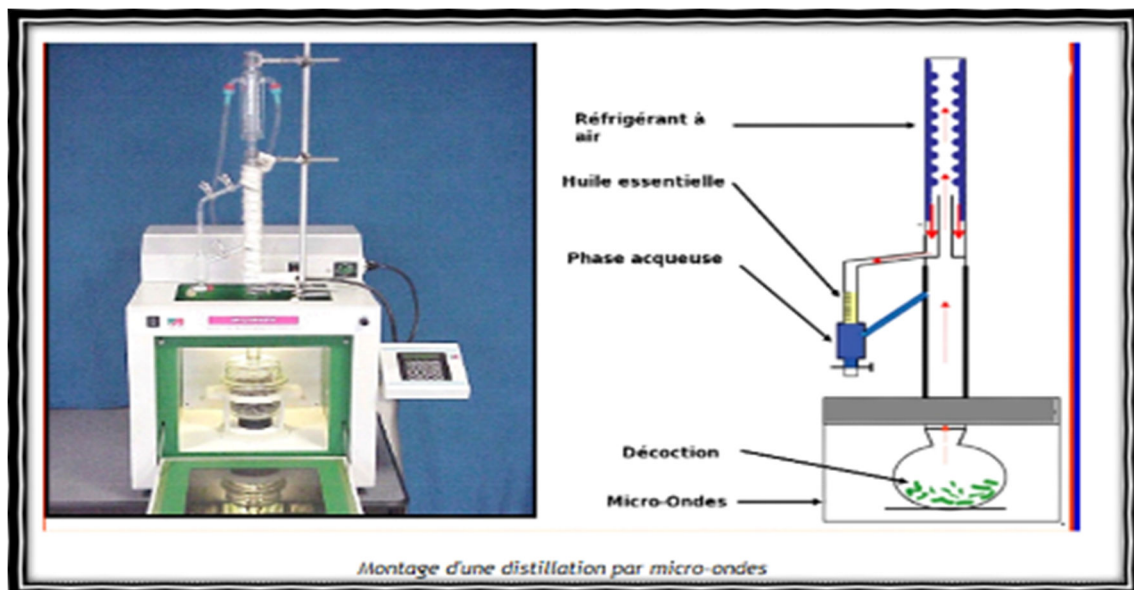


Figure 10 : Distillation par micro-onde.

### 7.7. Hydrodistillation :

L'hydrodistillation proprement dite, est la méthode normée pour l'extraction d'une huile essentielle, ainsi que pour le contrôle de qualité. Le principe de l'hydro distillation correspond à une distillation hétérogène. Le procédé consiste à immerger la matière première végétale dans un bain d'eau. L'ensemble est ensuite porté à ébullition généralement à pression atmosphérique (**Figure 11**). La chaleur permet l'éclatement et la libération des molécules odorantes contenues dans les cellules végétales. Ces molécules aromatiques forment avec la vapeur d'eau, un mélange azéotropique (**HAJJI ; 1985**).

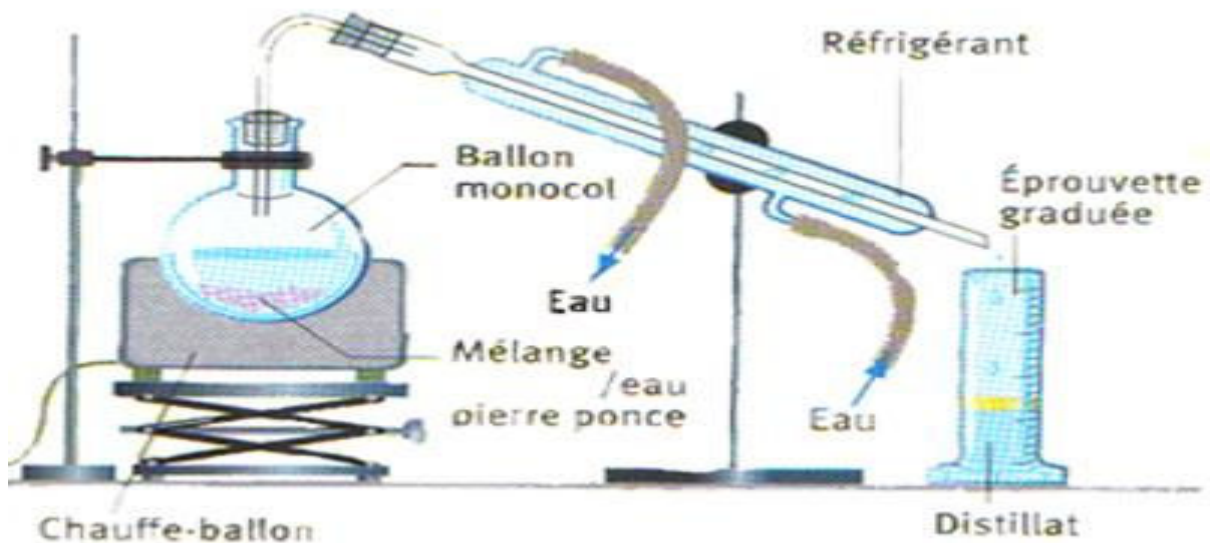


Figure 11 : Le dispositif de l' Hydrodistillation.

Pour extraire des huiles essentielles En choisisons la méthode hydrodistillation, parce que est la méthode la plus utilisable, simple et facile, elle consiste à entrainer les composés volatiles des produits naturels avec la vapeur d'eau.

## 8. La filière des huiles essentielles

Les plantes aromatiques donnent les huiles essentielles (HE), essences destinées à l'utilisation industrielle. Ces HE ne sont pas forcément des produits finaux dans la mesure où, une fois produites, elles peuvent servir d'intrants à la fabrication de plusieurs produits : elles sont destinées en effet à quatre grands secteurs industriels (**Grysole, 2004**).

### 8.1. Secteur parfumerie/ cosmétique :

L'utilisation des huiles essentielles comme base dans la fabrication de parfums constitue une pratique courante depuis des siècles dans la plupart des civilisations. L'Europe et les Etats-Unis ont développé des industries importantes qui démarquent par leur haut niveau d'exportation dans ce domaine. La consommation d'huiles dans ce secteur se caractérise par le besoin d'une très grande variété de produits, de quantités relativement faibles et de prix souvent élevés (**BELKHIRI, 2015**).

### 8.2. Secteur parfumerie technique :

La parfumerie technique (qui comprend les produits d'entretien ménager domestiques ou industriels) a également recours aux huiles essentielles pour l'image de propreté à laquelle elles sont associées, mais aussi parfois pour leurs propriétés antiseptiques. Par exemple, la citronnelle dégage un parfum qui indique au visiteur que l'endroit a été fraîchement lavé. Dans ce secteur, l'industrie consomme de grandes quantités d'huiles, au meilleur prix possible, car l'industrie désire garder le prix de revient de son produit au minimum **(BELKHIRI, 2015)**.

### 8.3. Secteur alimentation :

L'industrie alimentaire utilise les huiles essentielles pour rehausser le goût des aliments, pour parfumer et colorer. Le secteur des boissons gazeuses s'avère un gros consommateur d'huiles. Aussi, les fabricants d'aliments préparés les utilisent de plus en plus parce que le nombre de produits augmente et le consommateur recherche d'avantage les produits avec des ingrédients naturels. Dans ce secteur, les volumes d'huiles essentielles peuvent être très importants. L'huile la plus utilisée dans le monde est l'huile essentielle d'orange **(BELKHIRI, 2015)**.

### 8.4. Secteur médecine :

Dans le domaine de la santé, il faut distinguer le secteur pharmaceutique de celui des médecines douces. Dans ce deuxième secteur, les vertus thérapeutiques des huiles sont reconnues et utilisées depuis des siècles dans beaucoup de pays. En effet, ce marché a donné naissance à une industrie des produits naturels comme les produits homéopathiques. Cette industrie, très développée en Europe, bénéficie d'un attrait croissant de la part des consommateurs non seulement en Europe mais aussi en Amérique du Nord. De plus, les produits naturels avec effets thérapeutiques ont attiré l'attention des divers groupes pharmaceutiques.

Les huiles à utilisation médicinale peuvent être vendues pures en petits flacons ou sous forme de vaporisateurs, de pastilles, de bonbons... ces huiles peuvent également être utilisées comme inhalant pour soulager les difficultés respiratoires, comme dentifrice (dans l'eau),

ainsi que pour rafraîchir ou soulager la gorge (**Grysole, 2004**). Par conséquent, les huiles essentielles ont une variété d'applications et, dans bien des cas, la même huile peut être recherchée pour des propriétés différentes selon les secteurs industriels. Les propriétés médicinales des HE sont nombreuses, mais chacune possède ses vertus particulières (**Nicole, 1996**).

## *Chapitre III:*

# **Généralités sur les céréales**

**1. Généralités :**

Les grains des céréales constituent depuis toujours la principale ressource alimentaire de l'homme et des animaux domestiques ; c'est pourquoi la connaissance des phénomènes régissant leur conservation et la maîtrise des techniques de leur stockage est déterminante pour la survie de millions de personnes. Pendant très longtemps et jusqu'à une époque récente, la moisson était faite à la faux ou avec des machines à traction animale les céréales fauchées étaient mises en gerbes sur le champ : les grains protégés par leurs enveloppes étaient mis à l'abri sous hangar. Ultérieurement le battage permettait de séparer les enveloppes et les pailles des grains qui étaient ensuite stockées en sac plus rarement en vrac, dans des greniers ou des magasins sans aménagement particulier. L'évolution économique du secteur stockage au cours des dernières années, a été caractérisée dans la plupart des pays développés par ; la mécanisation de la récolte par ; l'augmentation considérable du volume de la collecte (lié à l'accroissement des rendements à l'hectare obtenu grâce à la sélection variétale, aux engrais, aux techniques culturales par la concentration des entreprises de stockage. (DELOBEL et TRAN, 1993).

**2. Types de structures de stockage des grains de céréales :**

La fonction des structures de stockage des céréales est multiple. Elle consiste à préserver la denrée avec le maximum de sécurité contre les dégradations physiques, chimiques et biologiques, d'empêcher ou de minimiser les attaques de l'entomofaune déprédatrice, et d'assurer la régularité de l'approvisionnement des familles ou des marchés jusqu'à la prochaine récolte (Ntsam , 1989). Ces structures sont fonction des besoins de stockage mais aussi de la nature ou de l'importance de l'activité. Il existe plusieurs types de structures de stockage:

**2.1. Le stockage traditionnel :**

Le mode de stockage traditionnel dépend des conditions climatiques, notamment du taux d'humidité ambiante, et des matériaux locaux disponibles. Les agriculteurs utilisent, en général, des greniers dont la description et l'efficacité pratique varient d'une région à l'autre. Dans les hauts plateaux algériens, le stockage traditionnel se fait au champ ou à proximité des habitations dans des greniers qui sont en fait des enceintes creusées dans un sol argileux, c'est

ce qu'on appelle " El matmour". Ce type de greniers ne met pas les produits à l'abri des attaques des rongeurs et des insectes. Le stockage traditionnel remonte à la plus haute antiquité (**Diawara et al ; 1989**). Il est utilisé dans plusieurs pays de l'Afrique, au Proche Orient et en Asie (**Bartali , 1990**).

### **2.2. Le stockage en vrac :**

Dans ce cas, les grains en tas sont laissés à l'air libre dans des hangars ouverts à charpente métallique. (**Doumandji et al., 2003**). Dans ce type de stockage des contaminations sont possibles, d'autant plus que dans ce type de construction, il demeure toujours des espaces entre les murs et le toit, ainsi de libre passage aux oiseaux, rongeurs et insectes est possible. Par ailleurs l'influence des intempéries est encore assez forte et le développement des moisissures et des bactéries est toujours.

### **2.3. Entreposage en silo**

Un silo est un réservoir de grande capacité (généralement de forme cylindrique) destiné à entreposer, à conserver, et à stocker des récoltes. (**Richard, 2002**), propose aux producteurs une bonne vérification du matériel nécessaire avant de penser à entreposer du blé à long terme. Il est nécessaire au moins de déposer du matériel suivant: une cellule de stockage propre, un plancher d'aération complète, du blé sec, un plan de traitement des insectes du grain entreposé, une bonne compréhension de la teneur en eau d'équilibre et de la température pour le blé. On distingue deux types de silos:

#### **a) Le silo en métal :**

Ce type de silo est constitué de cellules formées de plaques en tôles ondulées, d'une épaisseur bien déterminée. Ces cellules sont destinées pour les céréales sèches de 12 à 13% d'humidité.

#### **b) Le silo en béton :**

C'est le moyen de stockage le plus recherché, il résiste mieux aux pressions et chocs que les silos métalliques. Ces silos sont constitués de plusieurs cellules cylindriques en béton

armé, mesurent 20 à 22 mètres de hauteur. L'humidité des grains contenus dans ces silos, ne doit pas dépasser 11% (**Cheniki et Yahia, 1994**).

### **3. Les facteurs de détérioration des grains de céréales entreposés :**

Au cours de leurs stockages les grains de céréales sont sujets à de nombreuses altérations d'où des pertes considérables dans le stock. Ces altérations qui touchent le grain sont d'ordres morphologiques, organoleptiques, chimiques et biologiques. Les pertes causées aux grains des céréales entreposés sont dues principalement à l'humidité (du grain et du lieu de stockage), la température (du grain et du lieu de stockage), et les insectes. Il est indispensable de les connaître, si l'on veut comprendre pourquoi il arrive que les récoltes se conservent mal (**Maisonneuve et Larose, 1985**).

#### **3.1. Humidité et température**

La température et l'humidité relative sont certainement les plus importantes puisqu'une augmentation de la teneur en eau du produit ou une augmentation de la température permettra d'engendrer un milieu propice aux altérations d'ordre chimique, enzymatique et biologique.

L'état d'équilibre qui s'établit entre l'humidité du produit (teneur en eau) et hygrométrie de l'air ambiant détermine les mécanismes physiologiques et physico-chimiques responsables des altérations (**Christensen ; 1970, Pixton et Warburton, 1971; Brunken et al. 1977**). Il est conseillé que le degré d'humidité du grain demandé ne doit pas dépasser 11% (**Cahagnier et Fleurat-Lessard, 2000**), et que l'humidité relative dans les lieux de stockage doit être inférieure à 60 % (**Hall, 1970**) pour éviter les dégâts, et limiter ainsi l'attaque des ravageurs animaux et des microorganismes (**Multon, 1982**). Hall (**1970**) note que lorsqu'on augmente la température de stockage de 32 à 54 °C, l'humidité relative de l'air passe de 95 à 30 %. Cependant une température dans les lieux de stockage variant entre 35 et 40 entraînera une fécondité élevée Mesurer la température des grains en stockage est un bon indice et une température élevée au sein du grain indique la présence d'une certaine perte (**Cruz et al., 1988**).

### 3.2. Insectes :

Ils sont considérés comme les déprédateurs les plus redoutables, puisqu'ils peuvent vivre sur des grains secs, de plus les céréales constituent un milieu favorable pour leur pullulation. Cependant, l'origine de l'infestation des stocks est variable. L'infestation peut débuter au niveau du champ pour certains insectes, comme elle peut également intervenir le long de la chaîne de post récolte empruntée par la denrée et enfin elle peut se faire dans les entrepôts. En plus, la contamination de la denrée par les insectes à l'intérieur des lieux de stockage, peut être due aux insectes s'y trouvant dedans, provenant de la proximité ou encore par un mélange entre des grains sains et ceux contaminés.

Les insectes en question appartiennent à l'ordre des Coléoptères et des Lépidoptères . Chez les Coléoptères, les larves et les adultes sont nuisibles au stock de céréales, alors que chez les Lépidoptères seules les chenilles sont nuisibles.

Les insectes qui attaquent les grains des céréales stockés se répartissent en trois catégories:

- **Les ravageurs primaires** : capables de s'attaquer à des grains sains et entiers. De nombreux travaux leur ont été consacrés. Ils ont abouti quelques fois et des formules permettant d'estimer les pertes en matière sèche. Ainsi les dégâts causés par *Sitophilus oryzae* et *Ryzopertha dominica* ont pu être quantifiés (**Bekon et Fleurat-Lessard, 1989**)

- **Les ravageurs secondaires** : ne peuvent déprécier les grains qu'à partir des dégâts causés par les ravageurs primaires, c'est le cas des *Tribolium*. La perte en matière sèche due aux attaques de ces ravageurs secondaires peut être difficilement estimée (**Bekon et Fleurat-Lessard, 1989; Inge de Groot, 2004**).

- **Les ravageurs tertiaires** : se nourrissent de graines cassées, de poussières de graines et de la poudre laissée par les groupes précédents. (**Inge de Groot, 2004**)

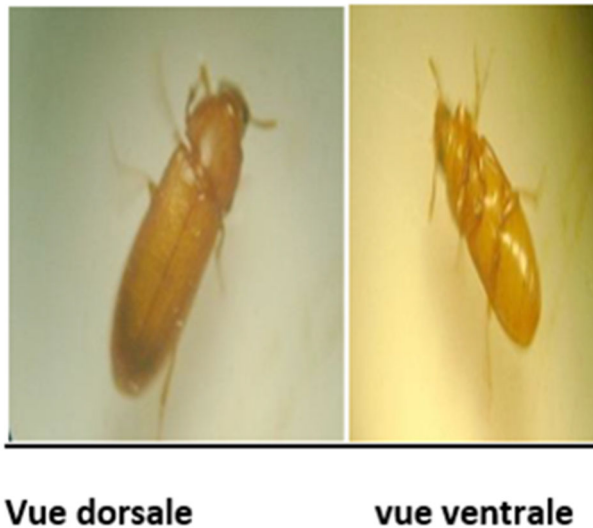
### 4. Caractères généraux des *Ténébrionidés*

*Les ténébrionidés* sont des *coléoptères* de taille comprise entre 2 mm et 80 mm, de forme très varié, à téguments le plus souvent rigides, épais, noir mat ou luisant, de teinte

---

sombre, coloré ou « métallique » par interférence, avec des yeux généralement grands, ovales ou ronds chez certaines sous-familles. Antennes de 11 articles, plus rarement 10. Aptères ou ailées, avec nervation alaire du type primitif, 5 sternites abdominaux, pattes longs ou contraire, contractées, souvent fousseuses (**Balachowsky,1962**) (**figure 12**)

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



**Fig 12 : Adulte de *Tribolium confusum* (Gross×50) (DERRADJI-HEFFAF, 2013).**



Fig 13 : *Tribolium castaneum* adultes. Selon : (Bonneton, 2010)

#### 4.1. Etude du genre *Tribolium* :

Ce sont de *coléoptères* d 3 à 4mm de long, étroits et parallèles, et de forme plus ou moins foncée (BALACHOWSKY, 1936 et MENSIL).

Selon LEPIGER (1966), ces insectes sont peu actifs et se dissimulent de préférence dans les recoins obscurs. A l'approche du soir, après les chaudes journées du printemps, ils volent et s'accouplent. (BALACHOWSKY, 1936 et MENSIL).

Cependant, il existe plusieurs espèces de *Tribolium* dont deux espèces également connues qui sont nuisibles *T. confusum* D et *T. castaneum* H, ces deux espèces semblables d'aspects et de taille identique se distinguent par la forme de leurs antennes.

Chez *T. castaneum* les antennes des 3 derniers articles très brusquement élargis, tandis que *T. confusum* les antennes avec ses articles progressivement élargis (LEPESME, 1978) (Figure 14).

Dans le monde entier, *Tribolium confusum* est le plus commun des insectes des denrées entreposés, c'est essentiellement une espèce des pays chauds, il ne peut vivre dès les pays que dans les locaux chauffés. [Selon (BALACHOWSKY et MENSIL (1936)]

*Tribolium castaneum* Herbst ne remonte pas plus au nord que le 40ème degré de latitude, sauf dans les entrepôts chauffés. *Tribolium confusum* Duval, très voisine, tend à remplacer dans les pays tel que la Scandinavie.

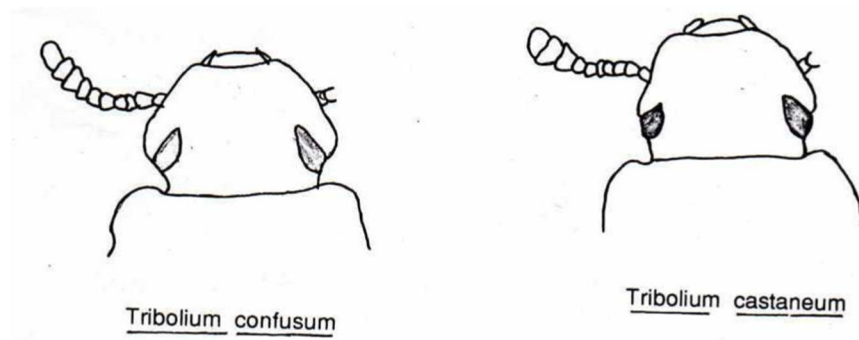


Fig 14 : Distinction de deux espèces de *Tribolium* : tagme antérieure (LEPESME, 1944).

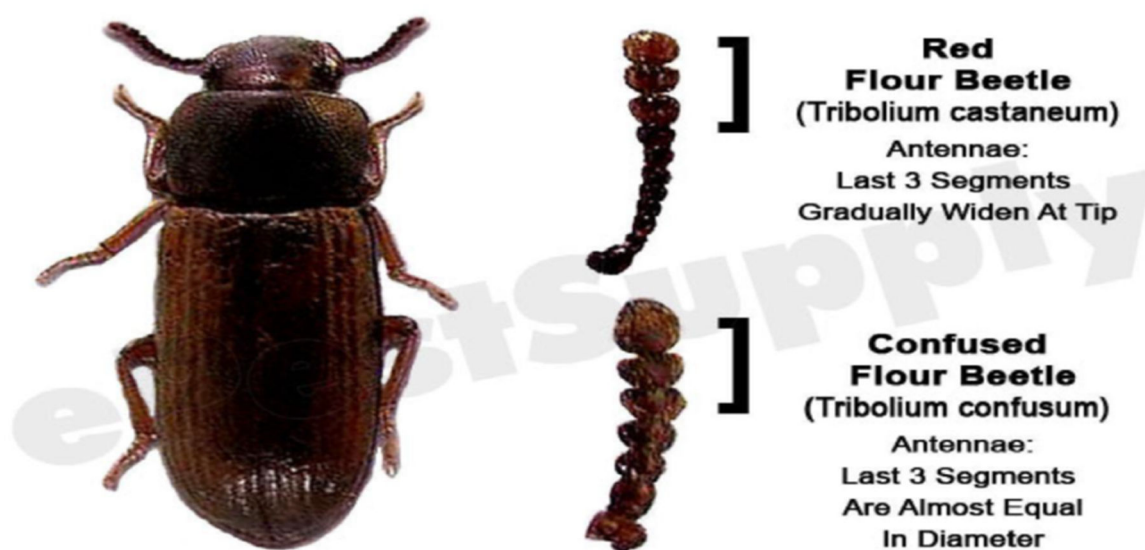


Fig 15 : méthode de différenciation entre le *Tribolium confusum* et le *Tribolium castaneum* (anonyme, 2018).

#### 4.2 Espèces semblables

- Tribolium brun de la farine (*Tribolium confusum*)
- Tribolium noir d'Europe (*tribolium madens*)
- Tribolium noir d'Amérique (*tribolium audax*)
- Ténébrion olifant (*Gnathocerus cornutus*)
- Ténébrion du riz (*Latheticus oryzae*)

#### 4.2. Classification

<b>Règne</b>	<u>Animalia</u>
<b>Sous –règne</b>	<u>Bilateria</u>
<b>Infra-règne</b>	<u>Protostomia</u>
<b>Super-embr</b>	<u>Ecdysozoa</u>
<b>Embranchement</b>	<u>Arthropoda</u>
<b>Sous –embr</b>	<u>Hexapoda</u>
<b>Classe</b>	<u>Insecta</u>
<b>Sous-classe</b>	<u>Pterygota</u>
<b>Infra-classe</b>	<u>Neoptera</u>
<b>Super-ordre</b>	<u>Holometabola</u>
<b>Ordre</b>	<u>Coleoptera</u>
<b>Sous-ordre</b>	<u>Polyphaga</u>
<b>Infra-ordre</b>	<u>Cucujiformia</u>
<b>Super-famille</b>	<u>Tenebrionoidea</u>
<b>Famille</b>	<u>Tenebrionidae</u>
<b>Genre</b>	<u>Tribolium</u>

Tableau 3 : Classification du genre *Tribolium* Selon Lapesme (1944).

#### 4.3. Origine et répartition géographique :

*Tribolium castaneum* est originaire de l'Inde (Lepesme, 1944). Il vit dans la plupart des régions tropicales et subtropicales du monde, incluant l'Afrique australe. (FAO, 2014), se trouve dans des zones tempérées, mais survient à l'hiver dans des endroits protégés, surtout là où il y a une chaleur centrale (Tripathi et al., 2001).

#### 4.4. Cycle de vie :

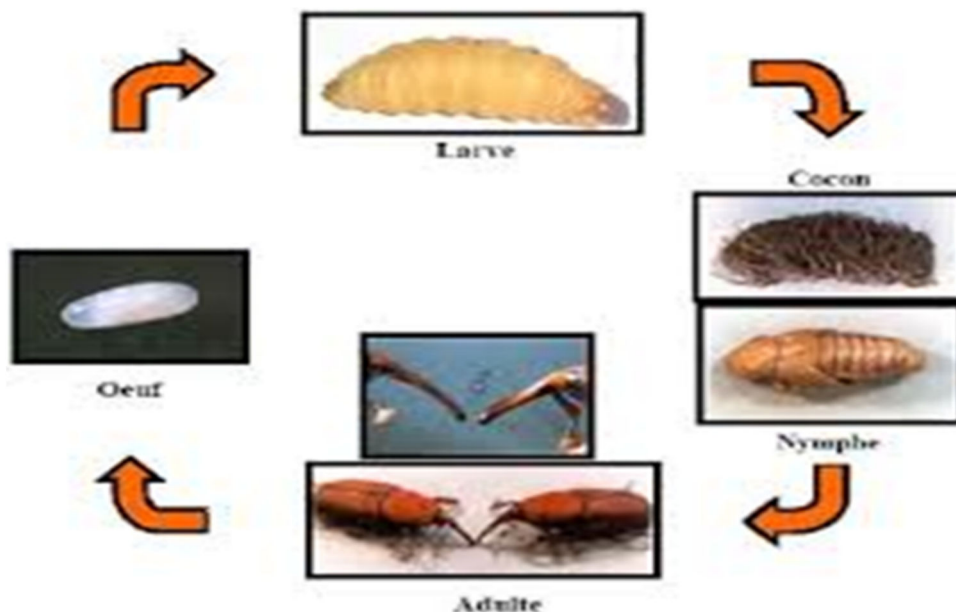


Fig 16 : cycle de vie de *tribolium castaneum* sur le blé.

#### 4.5. Cycle de développement :

La longévité de l'insecte est de 2 à 8 mois suivant les conditions abiotiques. Les durées moyennes de développement sont de trois jours pour les œufs, 16 jours pour les larves et 5 jours pour les pupes. La femelle pond entre 300 et 400 œufs dans des conditions optimales de 35 ou 38°C et 10% d'humidité relative, mais il est possible à 28 et 25°C pour des humidités relatives inférieures à 10%. La durée moyenne de développement des œufs à l'adulte sur millet est de 37 jours à 25°C, de 26 jours à 28°C, de 23 jours à 35°C et de 21 jours à 38°C. Les œufs sont déposés en vrac sur les graines et sont difficiles à détecter, les larves circulent librement dans les denrées infestées et s'y nymphosent dans leur cocon.

## 5. Morphologie de *Tribolium* :

### 5.1. Description des différents états de *Tribolium* :

#### 5.1.1. L'œuf :

L'œuf est oblong et blanchâtre, presque transparent surface lisse recouverte d'une substance visqueuse qui lui permet d'adhérer à la denrée infestée il mesure en moyenne 0.6x0.3mm (Lepesme, 1944)

#### 5.1.2. La larve :

L'éclosion de l'œuf donne naissance à une larve néonate et de couleur blanche, de petite taille ne dépassant pas 1.4mm.

Elle passe par plusieurs stades dont le nombre varie de 5 à 12 selon la température, l'humidité relative et la qualité de l'alimentation.

La larve de dernier stade est cylindrique mesure environ 7mm de long et 0.8 mm de large, sa couleur est d'une jaune pâle. Son corps presque glabre, se termine par deux paires d'urogomphes (Figure 17)



Fig 17 : larve de *Tribolium castaneum*.

### 5.1.3. La nymphe :

Est blanche et nue, les segments de son abdomen sont explantés latéralement en lames rectangulaires à bords crénelés (**Balachowsky, 1936**).

La nymphe reste sans protection et est incapable de se déplacer

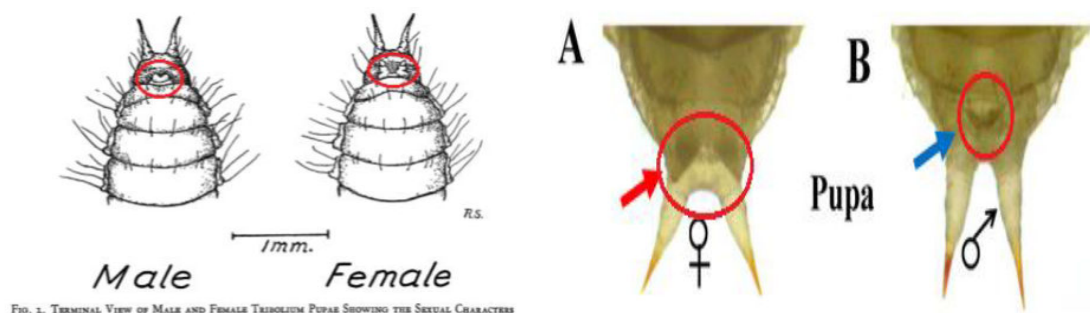
### 5.1.4. L'imago :

L'imago est d'un blanc jaunâtre, son tégument se sclérotinise et se pigmente 2 à 3 jours après son émergence. la couleur devient brun rouge, sa taille atteint 3 à 4 mm. Ces élytres allongés, parallèles et arrondis à l'extrémité postérieure, portent des lignes régulières de ponctuation séparées par des cotés très fins (**Lepesme, 1944**).

Les pattes sont courbées, les tarsi postérieurs sont formés de quatre articles.

## 5.2. Distinction du sexe :

Selon GOOD (1936 in **BALACHOWSKY ET MENSIL, 1936**), la nymphe constitue l'état idéal de vie de *Tribolium confusum* Duvel Qui permet de distinguer le sexe mâle du sexe femelle. D'autres caractères peuvent intervenir dans la détermination du sexe chez cette espèce, il s'agit de la taille ; cette dernière est, un peu plus importante chez la femelle que le mâle.



**Fig 18:** Image de distinction entre le mâle et la femelle chez l'espèce de *Tribolium confusum*.

### 5.3. Biologie :

Le premier accouplement a lieu environ 2 jours après l'émergence des imagos et dure de 3 à 15 minute. Chez *Tribolium confusum* (Duv.) l'échelonnement des pontes est conditionné par plusieurs copulations. Les œufs sont pondus en vrac sur les marchandises et ils sont difficiles à déceler. Au cours de sa vie, la femelle pond entre 500 et 1000 œufs.

Les jeunes larves, passent par 5 à 12 stades larvaires selon des conditions de température et d'humidité. La larve, circule librement dans la denrée infestée ou elle nymphose. L'émergence de l'adulte a lieu six jours après la nymphose à 32,5°C et une humidité relative de 70 %, la durée du cycle est de 24 à 26 jours, *Tribolium confusum* (Duval.) est une espèce dont l'optimum thermique se situe entre 32°C et 35 ° C, son développement s'arrête au-dessous de 22°C. Il résiste aux basses hygrométries .En absence d'alimentation, *Tribolium confusum* exerce le cannibalisme, dévore les œufs et les larves de leur congénère (Steffan in Scotti, 1978).

### 5.4. Dégâts occasionnés par le Tribolium rouge de la farine :

Le Tribolium rouge de la farine attaque les produits céréaliers stockés tels que la farine, les céréales, les craquelins, les pâtes et même les mélanges à gâteaux (fig.18). Il peut aussi infester les aliments séchés pour animaux domestiques, les fleurs séchées, le chocolat, les noix, les graines et même les spécimens de musée séchés. Les Triboliums sont très (CAMPBELL et RUNNION, 2003) polyphages, ce sont des lithophages secondaires car les larves et les adultes se nourrissent surtout de brisures. Ils attaquent les grains endommagés, ils sont capables de cannibalisme vis -à-vis des œufs et des nymphes, comme ils peuvent se nourrir de champignons qui envahir le stock (STEFFAN, 1987).



Fig 19 : Dégâts causée par le *Tribolium castaneum* (DIDIER, 2004).



**Fig 20 : Dégâts de *Tribolium castaneum* sur la semoule.**

### **5.5. Les moyens de lutte contre le *Tribolium*:**

Il existe plusieurs méthodes différentes de lutte et de prévention contre le *Tribolium confusum* :

#### **5.5.1. La lutte préventive :**

Cette méthode consiste en une hygiène rigoureuse des moyens de transport, et des machines de récolte. Il faudra faire un nettoyage convenable des locaux de conservation et vérifier les crevasses et les endroits qui peuvent recouvrir des insectes. Les grains doivent être séchés avant le stockage. Ces mesures sont indispensables pour réduire ou empêcher toute infestation. (DUCOM,1982,in SEMSAR 2013)

#### **5.5.2. La lutte curative :**

##### **a) La lutte physique :**

##### **✓ La chaleur :**

Consiste à utiliser une très haute température pour les adultes et épargner le pouvoir germinatif des grains, elle est de 55°C chez l'espèce *Tribolium castaneum* (LABEYRIE 1962, in SEMSAR 2013).

**✓ Le froid :**

Les basses températures ralentissent l'activité biologique et provoquent la mort de certains ravageurs. A une température inférieure à 6°C, la larve ne peut pas pénétrer à l'intérieur de la graine (SERPEILLE, 1991 in SEMSAR, 2013)

A une température de -1°C, les insectes ne peuvent pas survivre plus d'un mois (LABEYRIE 1962, in SEMSAR 2013).

**✓ Stockage sous atmosphère inerte :**

Le stockage sous les gaz carboniques et l'Azote, ne laisse aucune chance pour les insectes de survivre (GWINNER et al 1996, in SEMSAR 2013). Il s'agit d'abaisser le taux d'oxygène de l'atmosphère inter granulaire jusqu'à un taux létal pour les insectes (<1% d'O<sub>2</sub>). (SEMSAR, 2013)

**b) La lutte chimique :**

Elle a recours aux insecticides et il existe deux types :

- 1- Insecticide organiques de synthèse (Organochloré et Organophosphoré).
- 2- Insecticides non-organiques qui sont des composés arsenicaux, fluorés ou soufrés ou de l'acide cyanhydrique (DAJOZ, 2002 in SEMSAR, 2013).

**✓ Les insecticides par fumigation :**

Les insecticides à forte tension de vapeur sont les fumigeant. Ils sont destinés à un traitement curatif de choc qui atteint même les formes cachées des insectes. Ils détruisent rapidement le développement des œufs, des larves et des nymphes des insectes ravageurs contenus dans les grains (KELLOUCHE 1987, in SEMSAR, 2013).

**✓ Les insecticides par contact :**

Le grain ou le substrat dans notre cas est recouvert d'une pellicule de produit insecticide qui agit plus ou moins rapidement et plus ou moins longtemps sur les insectes (DAJOZ 2002, in SEMSAR 2013).

**c) La lutte biotechnologique :**

Les moyens utilisés dans cette méthode sont les phéromones de synthèse induisant un dérèglement du comportement des adultes par confusion de substances odorantes répulsives,

Des hormones de croissance causent des troubles de développement .Ces Régulateurs de la croissance des Insectes (IRG) sont efficaces à tel point que la descendance devient incapable de se reproduire (**GWINNER et al 1996, in SEMSAR 2013**)

**d) La lutte biologique :**

C'est une méthodes classique se pratique par l'utilisation de poudre dérivée de végétaux ou les terpènes et les alcool qui repoussent les ravageurs des denrées stockées par exemple la partie d'une plante connue pour son efficacité insecticide et toxique vis-à-vis des insectes ou d'extrait organique (**AUGER et al 1991,in SEMSAR 2013**) et d'autres micro-organismes animaux qui sont les insectes prédateurs de *Tribolium confusum* et des parasites dont quelques-uns sont cités dans la partie 1.6 ; les ennemis naturels de *Tribolium confusum*. (**SEMSAR,2013**).

**e) La phytothérapie :**

La phytothérapie joue un rôle très important dans la lutte contre les insectes des denrées stockées. Elle se base sur l'utilisation des parties actives des plantes appelées bio-insecticides qui remplacent les insecticides chimiques .Ils se trouvent sous plusieurs formes

- ✓ Extraits organiques et aqueux.
- ✓ Poudres de plantes.
- ✓ Huiles végétales.
- ✓ Huiles essentielles. (**VINCENT et CODERRE 1998 in SEMSAR, 2013**).

Selon **NAGAMO et HANCE (2007)**, les insectes ravageurs des céréales, peuvent causer la perte totale d'un stock. Le moyen de lutte le plus courant pour limiter leurs activités est l'usage des pesticides dont les effets indésirables, de ces produits sont malheureusement très nombreux. Ce moyen de lutte qui provoqué une intoxication humaine et environnementale au cours des deux dernières décennies. De nombreux travaux ont été menés

---

dans le but de rechercher des méthodes de protection des denrées plus douces, respectueuses de la santé humaine et de l'environnement

### 5.6. L'élevage de l'insecte

Les individus de *Tribolium castaneum* sont maintenus dans des conditions de laboratoire de Zoologie (Température: 20-25 °C et une humidité relative: 65 à 70%), dans des bocaux en verre contenant des grains endommagés. Pour séparer les insectes (larves et adultes) des grains de céréales nous avons utilisé un tamis de diamètre 0,5mm, puis à l'aide d'un pinceau on prend les individus, larves (L5) et adultes (âgés de 3 à 5 jours) et on les place séparément dans des boîtes de pétri en plastiques de diamètre de 8 cm dont le couvercle est perforé pour la respiration des insectes. Il est à noter également qu'on a effectué un élevage de cet insecte dans une étuve réglé à 35°C pour accélérer son cycle de vie afin d'utiliser la descendance (larves et adultes) dans notre expérimentation.



Fig 21 : Elevage de *Tribolium castaneum*.

# *Partie Expérimentale:*

***Chapitre I:***  
*Matériels et méthodes*

Compte tenu des circonstances sanitaires liées au COVID19, il nous a été impossible d'aborder la partie expérimentale ce qui nous a poussé à nous inspirer des travaux scientifiques similaires (*DERRADJI-HEFFAF, 2013*), (*TAIBI, 2007*) (*KHEBIZI et KHOCHEMAN, 2011*)

(*ABAHRI Hakima ; 2017*).

### 1. Objectifs :

Ce travail consiste à mettre en évidence le potentiel insecticide de l'huile essentielle de Romarin (*Rosmarinus Offisinalis.L*) vis-à-vis des insectes ravageurs des céréales : cas du *Tribolium castaneum*.

### 2. Matériel biologique :

#### 2.1 Matériel végétal :

##### a) Récolte et préparation des plantes

La récolte des plantes a été entamée le mois de février au mois de mars de l'année 2020 au niveau des massifs forestiers de la région de Telagh wilaya de Sidi Bel Abbes .



**Fig. 22 : Population de Romarin (région de Telegh SBA) (cliché Original)**

Le romarin récolté est séché à l'ombre dans un endroit sec et aéré puis conservé l'abri de l'humidité.

#### 2.2 Matériel animal:

##### a) Récolte

Les échantillons de blé dur contaminés par *Tribolium castaneum* prélevés au niveau de l'unité de ELRIAD - SBA, durant la période de janvier à février 2020, ont été triés au

laboratoire du département de Biologie en vue de séparer les insectes des grains de blé endommagés et procéder à leur élevage

### b) L'élevage

L'élevage a été réalisé dans des boîtes en plastiques d'une capacité de 250 ml. Ces dernières contiennent 150 g de semoule commerciale et 60 individus de *Tribolium* adultes . (fig. 23). Ces dernières sont par la suite maintenues à l'obscurité dans une étuve réglée à une température de  $30^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$  et une humidité relative à  $70 \% \pm 5 \%$  pour permettre un développement favorable et rapide aux insectes (TAIBI, 2007).



Fig 23 : L'élevage de masse de *Tribolium castaneum*.

## 3. Méthodes :

### 3.1 Méthode d'extraction des huiles essentielles :

L'extraction des huiles essentielles a été faite par la méthode d'hydrodistillation, qui reste la technique d'extraction la plus utilisée et la plus simple pour l'obtention des meilleurs rendements, sans altération des huiles essentielles fragiles (PARIS ET HURABIELL, 1981, KHEBIZI et KHOCHAMAN, 2011). L'appareil utilisé pour l'hydrodistillation est de type Clevenger (fig. 24).



**Fig 24 : Dispositif d'extraction par hydro-distillation (Clevenger). (ABAHRI Hakima ; 2017)**

Après séchage de la plante, une quantité de la matière végétale est introduite dans un ballon, elle est ensuite immergée d'eau distillée. Le ballon est placé dans un chauffe ballon est raccordé avec le reste de l'appareil d'extraction. Le mélange eau, matériel végétale est chauffé à une température voisine de 100°C. Le mélange est tenu en ébullition pendant 1h et 30 minutes. Les vapeurs chargées d'huile essentielle, traversent le réfrigérant et se condensent avant de chuter dans une ampoule de décantation, ensuite l'huile se sépare de l'eau par différence de densité. L'huile essentielle est récupérée et séchée avec du Na<sub>2</sub>So<sub>4</sub>, puis placée dans un flacon hermétiquement fermé et conservée à 4°C à l'abri de la lumière.

#### ❖ Calcul du rendement

Le rendement en huile essentielle est exprimé en pourcentage et calculé selon la formule suivante :

$$\text{Rd\%} = (m1/m2) * 100$$

Rd : rendement en huile essentielle exprimé en pourcentage

m 1 : masse en gramme d'huile essentielle

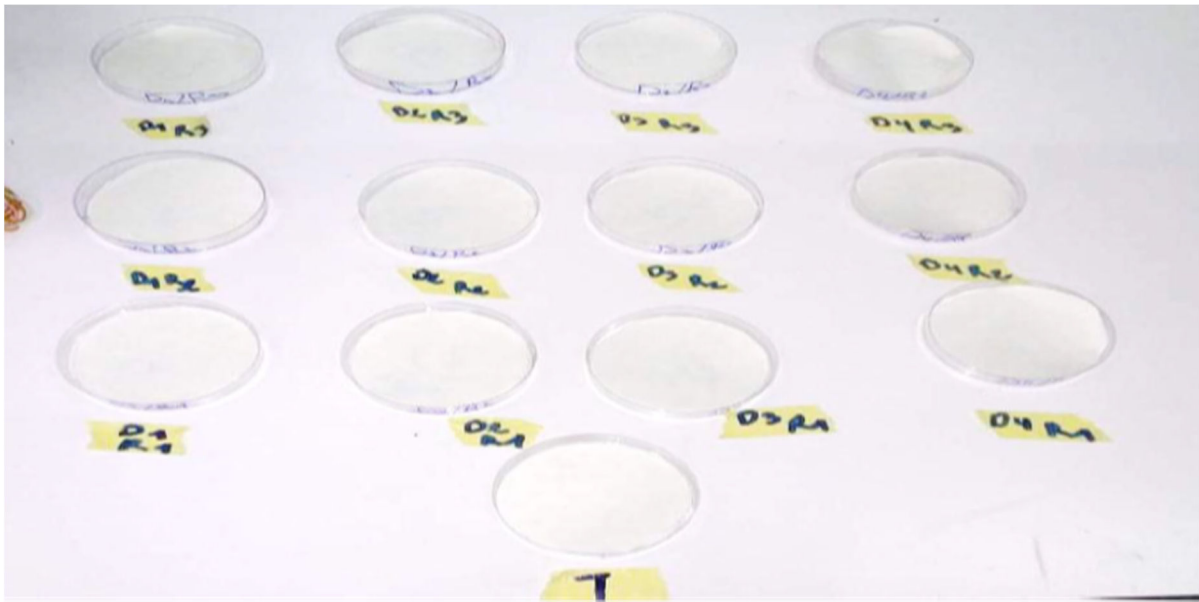
m 2 : masse en gramme d'huile végétal sec

### **3.2 Étude de l'activité insecticide de l'huile essentielle de Romain :**

Les tests de toxicité de *Rosmarinus Officinalis -L-* sur *T. castaneum* sont effectués selon deux modes de pénétration, une pénétration par contact et l'autre par inhalation. Les doses utilisées ont été fixées après la réalisation de plusieurs essais préliminaires pour déterminer la meilleure gamme de dose à utiliser.

#### **a) Evaluation de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* par effet contact :**

Après préparation des doses, chaque solution a été répandue uniformément sur un disque de papier filtre de type wattman préalablement placés dans les boites de pétri de même diamètre. Après évaporation du solvant de dilution, un lot de 10 insectes adultes de *T. castaneum* d'une population homogène a été introduit dans les boites de pétri avec une quantité de 5g de blé. Ces boites ont été fermées par une moustiquaire à fines mailles soutenus par un élastique pour éviter la fuite des insectes. Nous avons réalisé 3 répétitions pour les 4 doses de l'huile essentielle de *Romarin* testés, et de même pour le témoin non traité par l'huile essentielle (fig. 25). (DERRADJI-HEFFAF, 2013).



**Fig 25: Dispositif expérimental des essais par contact de l'huile de R. (DERRADJI-HEFFAF, 2013).**

**a) Evaluation de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* par effet d'inhalation :**

L'estimation de l'effet toxique de l'huile essentielle a été appliquée par saturation de leur environnement (par inhalation). Ainsi, nous avons choisi de faire un test à dose fixe de l'huile essentielle et des temps d'exposition variables (24h, 48h, 72h). L'huile a été pulvérisée sur du coton ensuite déposée sur la face interne des couvercles de 3 piluliers en plastique, qui sont maintenus fermés pendant 10 min avant le dépôt des insectes pour saturer le milieu. Après nous avons placés 10 individus à l'intérieur des piluliers avec 5g de blé. Pour le témoin, nous avons introduit également 10 individus de *T. castaneum* et 5g de blé dans des piluliers non traités à l'huile essentielle. L'ensemble des piluliers sont hermétiquement fermés (**Fig. 26**). Un comptage des insectes morts est réalisé après 24 heures pendant 3 jours.

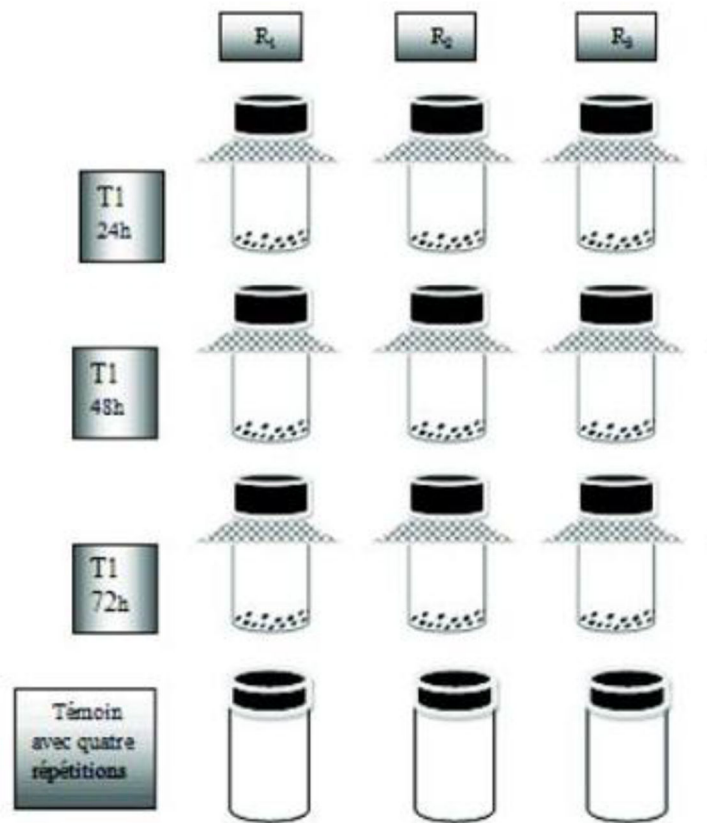


Fig 26: Dispositif expérimentale adopté pour le test d'inhalation (DERRADJI-HEFFAF, 2013).

***Chapitre II:***  
*Résultats et Discussion*

*Compte tenu des circonstances sanitaires liées au COVID19, il nous a été impossible d'aborder la partie expérimentale ce qui nous a poussé à nous inspirer des travaux scientifiques similaires (DERRADJI-HEFFAF ; 2013 , (BELKACEMI Ouafa ;2018)*

## 1. Résultats

L'effet insecticide des huiles essentielles de *Rosmarinus Officinalis .L* sur les individus de *Tribolium castaneum* a été bien établi .En effet, l'efficacité des huiles essentielles est confirmée par un taux de mortalité d'individus qui atteint les **90%** et avec **50% de mortalité** enregistré au bout du premier jour de l'expérimentation.( **figure** )

### 1.1 Evaluation de la mortalité des adultes de *Tribolium castaneum* traités par l'huile essentielle de *Rosmarinus Officinalis .L* par la technique de contact.

Les résultats obtenus concernant l'évaluation de la mortalité des adultes de *T. castaneum* par l'huile essentielle de *Rosmarinus Officinalis .L* sont mentionnés dans le suivant :

<i>Dose <math>\mu</math>l /ml</i>	<i>Témoin</i>	<i>Mortalité moyenne %</i>	<i>Mortalité Corrigée %</i>	<i>Probit</i>
<b>2</b>	<b>10</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>4 ,48</b>
<b>4</b>	<b>10</b>	<b>50</b>	<b>44</b>	<b>4,86</b>
<b>8</b>	<b>10</b>	<b>67</b>	<b>63</b>	<b>5 ,33</b>
<b>16</b>	<b>10</b>	<b>77</b>	<b>74</b>	<b>5 ,04</b>

**Tableau 4 : Activité insecticide de l'huile essentielle de Romarin vis-à-vis de *Tribolium castaneum* après 24h de traitement (BELKACEMI Ouafa ;2018).**

D'après le tableau 04 les résultats obtenus montrent une diminution considérable du nombre d'individus de *Tribolium castaneum* traité selon la méthode par contact à l'huile essentielle de Romarin et ce pour toutes les doses testées. En effet, le pourcentage de mortalité enregistré pour la D1 est de 30 %. Ce pourcentage augmente pour les D2 et D3 avec respectivement 44 % et 63 %. Nous remarquons que le taux de mortalité le plus élevé est

enregistré pour la D 4 avec 74 %. A la lumière de ces résultats, il ressort que plus la dose est élevée plus le taux de mortalité augmente. Par ailleurs, avec la plus faible dose ( $2 \mu\text{l}$ ) le pourcentage de mortalité est important car cette dose a pu éliminer presque le 1/3 des individus de *Tribolium castaneum* testés.

### 1.2. Evaluation de la mortalité des adultes de *tribolium castaneum* traités par l'huile essentielle de *Rosmarinus Officinalis .L* par la technique d'inhalation:

Selon le travail (BELKACEMI Ouafa ;2018) les résultats obtenus l'huile essentielle a été administrée par saturation de leur environnement. Un comptage des adultes morts a été réalisé après 24h, 48h, et 72h. Les pourcentages de mortalité ont été traduits dans un histogramme (fig 27.)

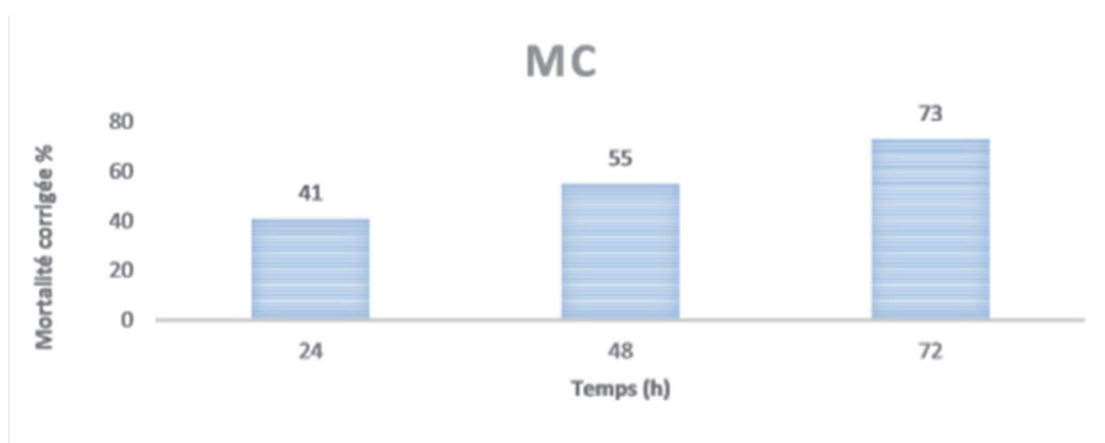


Fig 27: Mortalité par effet d'inhalation de l'huile essentielle de *Rosmarinus Officinalis .L* vis-à-vis de *Tribolium castaneum* (BELKACEMI Ouafa ; 2018).

Les résultats obtenus montrent que les taux de mortalités varient de 41 % à 73 % suite à l'exposition des individus de *Tribolium castaneum* à une dose de  $8 \mu\text{l/ml}$ . Au bout de 24h, le pourcentage de mortalité a atteint 41%, augmente par la suite pour atteindre 55 % et 73 % en temps respectifs de 48 et 72 h. Nous constatons que le taux de mortalité augmente en fonction du temps.

Résultats obtenue selon ( N. Bouzouita ; F. Kachouri ; M. Ben Halima ;M. M.Chaabouni)

Temps (h)	Témoin	Taux de mortalité (%)
24	10	52
48	10	64
72	10	95

**Tableau 5: Mortalité par effet d'inhalation de l'huile essentielle de *Rosmarinus Officinalis L* vis-à-vis de *Tribolium castaneum* avec une dose fixe (8 ul)**

Les tests de toxicité que nous avons appliqués sur des adultes de *Tribolium castaneum* avec la dose de 8  $\mu$ l/ml des huiles essentielles du *Rosmarinus Officinalis.L* au bout de 72 h, montrent que le taux de mortalité significatif a été enregistré selon la dose et la durée d'exposition. Ainsi, l'effet toxique varie selon la dose utilisée en prolongeant la durée d'exposition qui est respectivement de 24, 48 et 72 h. Nous remarquons que le taux de mortalité augmente avec le temps et selon la dose utilisée.

**I. Discussion :**

Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle du Romarin (*Rosmarinus Officinalis .L*) testée, présente un effet insecticide sur les adultes de *Tribolium castaneum*. En effet la dose , le temps d'exposition et les études toxicologiques permettent de déterminer l'efficacité des huiles essentielles à partir de la mortalité enregistrée chez l'individu.

Dans cette étude nous avons comparé l'effet insecticide de l'huile essentielle par inhalation sur les adultes *Tribolium castaneum* en fonction de la durée d'exposition et la dose.

L'activité de l'huile essentielle varie selon le temps d'exposition. Le taux de mortalité varie de 41 % à 73 % pour le romarin local. Et de 52 % à 95 pour le romarin importé.

L'effet insecticide le plus élevé est obtenu avec le romarin étranger, Comparativement au romarin local. Le taux de mortalité le plus élevé est de 95 %, à la dose 8 µl et après 72 heures d'exposition pour le romarin étranger.

Le taux de mortalité est de 73 %, à la plus forte dose (8 µ l) et à, 72 h d'exposition pour le romarin local.

## Conclusion

L'utilisation des huiles essentielles des plantes comme insecticides est connue depuis longtemps. En effet, le pyrèthre, la nicotine et la roténone sont déjà connus comme agents de lutte contre les insectes. Dans des travaux encore plus récents, les propriétés insecticides de certaines plantes ont été testées sur les adultes d'insectes.

Ce travail met en évidence une stratégie de lutte basée sur l'utilisation des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* sur les adultes de *Tribolium castaneum* connu comme parasite ravageur des céréales. Nous avons testé leurs efficacités à travers deux modes de pénétration : par effet contact et par inhalation tout en prenant en considération le taux de mortalité chez les adultes *Tribolium castaneum*.

Les valeurs obtenues montrent que l'activité insecticide des huiles essentielles de Romarin est en rapport avec la dose utilisée et la durée d'exposition. Nous avons enregistré des pourcentages de mortalité allant de 30 à 74 pendant 24h par effet de contact pour le Romarin.

L'efficacité de ces huiles essentielles sur *Tribolium castaneum* est évaluée par les doses létales. En effet, la DL50 obtenue confirme que ces huiles ont une activité insecticide.

Les résultats obtenus par inhalation ont permis de confirmer l'activité insecticide des traitements par les huiles essentielles du Romarin qui s'est traduit par la mort de plus de 50 % d'individus exposés à une dose de 8 µl/ml.

A la lumière des résultats obtenus, nous pouvons conclure que les huiles essentielles du Romarin présentent une activité insecticide confirmée sur l'espèce *Tribolium castaneum*.

Ce travail reste préliminaire, il serait beaucoup plus intéressant d'étendre et d'approfondir cette étude pour mettre en place un moyen de lutte biologique à base d'huiles essentielles efficaces et d'élargir l'application de ces bio-insecticides.

## Référence

- 1 ABAHRI HAKIMA ; 2017 Toxicité de deux huiles essentielles de romarin à l'égard d'un insecte ravageur des grains stockés *Tribolium confusum* (Coleoptera : Tenebrionidae).
- 2 AIBOUD, K. (2012). Etude de l'efficacité de quelques huiles essentielles à l'égard de bruche de niébé *callosobruchus maculatus* (Coléoptera: Bruchidae) et l'impact des traitements sur la germination des graines de *vigna unguiculata* (L) walp. Thèse de magister en biologie et écologie des populations et des communautés .U.M.M.T.O.p58.
- 3 ANONYME., 1955. Les ravageurs des grains entreposés. 3ème éd. CRET, Paris. 54p.
- 4 ANTOINE, Ph, 1991, Affections neuropsychiatriques Encycl Méd Nat (PARIS, France), Phytothérapie A, romathérapie D, 8, 9, 40p.
- 5 ANTON, R. et LOBSTEN, A., 2005. Plantes aromatiques (épices, aromates, condiments et huiles essentielles). Ed. Lavoisier ISBN. 522 P.
- 6 BACON J., CLIFTON C., CONNOR D., FOSTER S., GRAUE J., LOYER J., 14-
- 7 BENAZZEDDINE S., 2010. Effet insecticide de cinq huiles essentielles vis-à-vis de *Sitophilus oryzae* (Coleoptera; Curculionidae) et *Tribolium confusum* (Coleoptera; Tenebrionidae). Ecole nationale supérieure agronomique El-Harrach d'Alger - Ingénieur d'état en science. P, 89.
- 8 BENISTON. NT .WS, 1984. Fleurs d'Algérie. Ed. E. N. L. Alger. 359p.
- 9 BONNER, G., 1934, Flore complète de France, Suisse et Belgique, PARIS : Arlhac, 8, p.1 19, 9, p.39.
- 10 BOTINEAU M. 2010. Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Tech. Et NDoc (eds): 1021.
- 11 BOUCHAT, J., 1956, Beni Ounif (Sud Oranais) Etude géographique, historique et médicale, Arch Inst Pasteur, ALGER, 3 4, (41,5 75-671.
- 12 BOUCHIKHI TANI(2011) ET AL ; Lutte contre la bruche du haricot *Acanthoscelus obtectus* (Coleoptera, Bruchidae) et la mite *Tineola bisselliella* (Lepidoptera, Tineidae) par des plantes aromatiques et leurs huiles essentielles. mémoire doctorat. p141)

- 13 BOUOUE, 1921, Matière médicale indigène de l'Afrique du Nord, Trav Off Nat  
Matières Premières Végétales, Notice 8, 1-29.
- 14 BRUNETON J. (1999) - Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème  
édition, Ed. TEC et DOC, Paris.
- 15 CHOPRA, I.C., ABROL, S.K., HANDA, K.L., 1960, Les plantes médicinales des  
régions arides, considérées surtout du point de vue botanique, 11-56, Ed  
UNESCO.
- 16 CHOPRA, I.C., AYAR, S.L., CHOPRA, I.C., 1956, Glossary of Indian  
Medicinal Plants, NEW DELHI: Ed Council of Scientific and Industrial Research, 2,  
15p.
- 17 CLAIRE HOEFLER ; 1994 ; Contribution à l'étude pharmacologique des extraits  
de *Rosmarinus officinalis* L., et notamment des jeunes pousses : Activités  
cholérétique, anti-hépatotoxiques, anti-inflammatoires et diurétiques
- 18 DELAVEAU, P., 1987, Les épices, Histoire, description et usage des différents  
épices, aromates et condiments, PARIS : Ed Albin Michel, 371p.
- 19 DELILLE L. A., 2010. Les plantes médicinales d'Algérie. 2ème éd. BERTI. 239  
P. Belaiche P. (1979) - Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Tome 1 :  
l'aromatogramme. éd. Maloine. Paris.
- 20 DELOBEL ET TRAN, 1993. Les Coléoptères des denrées entreposées dans les  
régions chaudes. Ed. Orstom. pp 125,129
- 21 DUCROS, A.H., 1930, Essais sur le drogier populaire arabe de l'inspecteur des  
pharmacies du Caire, Mem Inst d'Egypte, 15, 166p + 9 planches
- 22 DUKE, J, AYENSU, E, 1985, Medicina plants of China, 2 volumes, Alganac, M.I.  
DOREAU, M., 1961, Considérations actuelles sur l'alimentation, ainsi que sur la  
pharmacopée et la thérapeutique traditionnelle au Sahara, Thèse Pharm.,  
STRASBOURG, 108p.
- 23 FOURNIER, P, 1948, livre des plantes médicinales et vénéneuses de France, Tome  
2, 334-337, Paris : Ed Lechevalier.
- 24 GARNEF R, G. BEZANGER-BEAUQUESNE., DEBRAUX, G., 1961,  
Ressources médicinales de la flore française, 2, PARIS : Ed Vigot Frères, 1211-  
1214.
- 25 GARNERO J. (1996) - Huiles essentielles. Dossier : K345. Base documentaire:  
Constantes physico-chimiques. vol. papier n°: K2.

- 26 ILUZ 2010 The plant-aphid universe. Cellular origin, life in extreme habitats and astrobiology. Pp. 91
- 27 JEAN-CLAUDE RAMEAU ET AL., Flore forestière française: Région méditerranéenne, 2008.
- 28 LAMAMRA MEBARKA ;2013. Contribution à l'étude de la composition chimique et de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Tinguarrasicula*(L.) Parl. et de *Filipendula hexapetala* Gibb. P 22
- 29 LECLERC, L., 1877-1883, Traité des Simples (traduction de IBN AL BAYTAR), PARIS : Imprimerie Nationale 1, , 478 p. , 2, 492 p. , 3 , 483 p.
- 30 LEMORDANT, D., BOUKEF, K., BENSALÉM, M., 1977, Plantes utiles et toxiques de Tunisie, *Fitoterapia* 4, 8, (5), 191-214.
- 31 LOUIS, A., 1979, Nomades d'hier et d'aujourd'hui dans le sud tunisien, GAP : Editions Mondes méditerranéens Imprimerie Louis Jean, 33 p.
- 32 MAIRE, A., SAVELLI, A., 1955, In Salah et le Tidikelt oriental : Etude historique. géographique et médicinale, *Arch Inst Pasteur*, ALGER, 33, (4), 367-432.
- 33 MARUZZELLA, J.C., HENRY, P.A., 1958, The 'in vitro' antihacterial activity of essential oils and oil combinations, *J Amer Pharm Assoc*, 47, 141, 294-296.
- 34 MARUZZELLA, J.C., LIGUORI, L., 1958, The 'in vitro' antifungal activity of essential oils, *J Amer Pharm Assoc*, 47, (41), 250-254.
- 35 MOORACHIAN M., 2013. 500 Plantes comestibles : Histoire botanique alimentation. Ed .Delachaux et Niestlé, Paris. 360 P.
- 36 PARTURIER ET ROUSSELLE, 1929 cités par FOURMÉR, 1948 ; LEMORDANT et coll, 1977.
- 37 PASSAGER, P., BARBANCON, S., 1956, Taghit (Sahara oranais). Etude historique, géographique et médicale, *Arch Inst Pasteur ALGER*, 34, (3), 404-475-
- 38 PASSAGER, P., DOREY, R., 1958, El Goléa (Sahara algérois). Etude historique, géographique et médicale, *Arch Inst Pasteur ALGER*, 36, 11' 74-152.
- 39 REBOUL, E., 1953, Le Gourasa. Etude historique, géographique et médicale, *Arch Inst Pasteur ALGER*, 31, (21), 164-246.
- 40 REGNAULT-ROGER ET HAMRAOUI (1995) Fumigant toxicity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelus obtectus* (Say) (Coleoptera) a bruchid of kidneybean (*Phaseolus vulgaris* L). *J. Stored Prod. Res.* 31: 291-299

- 41 REGNAULT-ROGER ET HAMRAOUI, 1995). Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (say) (Coleoptera) a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L). *J. Stored Prod. Res.* 31: 291-299).
- 42 ROUSSEL, J.L., PELLECUER, J., ANDARY, C., 1973, Propriétés antifongiques comparées des essences de trois Labiées méditerranéennes: romarin, sarriette et thym, *Trav Soc Pharmd e Montpellier* 3, 3, (é-!-, 587-592).
- 43 STEFFAN J.R., 1978. Description et biologie des insectes . Les insectes et les acariens des céréales stockées . Coed . A. F. N . O R. -I . T. G. C. F, Paris. P 237 .
- 44 STEINMETZ, M.D., MOULIN-TRAFFORTJ., , REGLI, P., 1988, Transmission and scanning electron microscopy study of the action of sage and rosemary essential oils and eucalyptol on *Candida albicans*, *Mycoses*, 31, (1), 40-51
- 45 TEUSCHER, E., ANTON, R., LOBSTIEN, A., 2005. Plantes aromatique (épices, aromates, condiments et huiles essentielles). E d. Lavoisier ISBN. P 522 .
- 46 TROTTER, A., 1915, Flora economicadetta Libia, Publiciti a cura del Ministro delle colonie Roma, 1 27f i9. , 145 tableaux 3, 75p
- 47 VALNET J. (1984) - Aromathérapie. Traitement des maladies par les essences des plantes. Maloine S.A. éditeur. Paris p 544 Wichtel M. et Anton R. (1999) - Plantes thérapeutiques: tradition, pratiques officinales, science et thérapeutiques. Ed. Tec et Doc
- 48 WINKELMAN, M., 1986, Frequently used medicinal plants in Baja California Norte, *J Ethnopharmacol* 18, 10 9-13 1.
- 49 belacemi Ouafaa; 2018 These de doctorate : l'effet insecticide des huiles essentielles de romarin sur *Tribolium* et sur *Aphis fabae*