

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



**Faculté:** Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre  
**Département:** Sciences Agronomiques  
**Spécialité:** Sciences et Techniques des productions animales

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

Répartition de genre *Thymus* la famille de *lamiacée* et étude de la composition chimique cas de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut de la région de Mekhatria - wilaya de Ain Defla

**Soutenu le :** 29 mai 2016

Par

MEKHELDI  
BENMERAD

Khira  
Karima

**Devant le Jury**

**President :** M<sup>r</sup> HAMIDI Djamel  
**Promoter :** M<sup>r</sup> KOUACHE Benmoussa  
**Examineurs :**

MAA UDB KM  
MAA UDB KM

1. M<sup>r</sup> MOUSS Abd El Hak Karim
2. M<sup>r</sup> AIT OUZZOU Abd El Nour

MAA UDB KM  
MCA UDB KM

Année universitaire : 2015/2016.

# Remerciements

*Avant tout nous remercions Allah le tout puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la patience pour faire ce travail.*

*Qu'il nous soit permis de remercier tous ceux qui d'une manière ou d'une autre, de près ou de loin, y ont contribué.*

*Nos remerciements s'adressent en particulier à :*

- *Mr KOUACHE Ben Moussa notre promoteur pour leur encadrement, pour leurs conseils scientifiques judicieux et leur suivi durant la période de la réalisation de ce travail.*
- *Mr HAMIDI Djamel Maître assistant à l'université de Djillali Bounaama Khemis Miliana pour son aide, ses conseils et pour le grand honneur qu'elle me fait en acceptant de présider le jury de soutenance.*
- *Nous exprimons nos respectueux remerciements aux membres de jury Mr MOUSS Abd el Hak et Mr AIT OUAZOU Abd El Nour pour avoir acceptés d'évaluer ce travail.*
- *Nous remercions également tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de notre mémoire.*
- *J'exprimer ma très grande considération, et mon profond respect à tous les enseignants de la promotion master Il surtout « Mr GHOZLANE MK, Mr MEKHATI M » option Sciences et techniques des productions animales, 2015-2016 qu'ils trouvent ici le témoignage de ma sincère reconnaissance, pour leurs apports très constructifs.*
- *A toute personne qui a participé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail et dont je n'ai pas mentionné les noms à travers ces lignes ; je vous dis tous Merci.*

***Khira et karima***

# Dédicace

*Je dédie ce mémoire à*

*\*A mes très chers parents.*

*\*A mes chers frères et sœurs.*

*\* A toute ma famille et tous mes amies et amis*

*\*Tous mes chers amies.*

**Mekhaldi Khira**

.....  
*Je dédie ce travail à*

*A mes parents qui je dois mon éducation et ma réussite. Pour leur écoute, leur dévouement et leur soutien sans faille.*

*A mes sœurs et mon frère pour leurs disponibilités aux moments les plus critiques.*

*A tous mes amies.*

*En fin ; a toute ma famille oncles, tantes, cousins, cousines, à leur époux et épouses et leurs enfants.*

**Benmerad karima**

## الملخص

أجريت الدراسة لإعداد خريطة خاصة لمقارنة التوزيع الطبيعي لثلاثة أنواع من صنف الزعتر (*fontanesii, ciliatus*) بولاية عين الدفلى ، حيث تم من خلال سلسلة من الخزجات الميدانية المتتالية عبر الولاية عبر السلسلتين الجبليتين الظهره زكار و الونشريس ، حيث تم إحصاء وجوده في 14 بلدية في 29 موقع.

كما تم من خلال التحاليل المخبرية بواسطة طريقة " تقنية الكروماتوغرافيا الغازية المتصلة بمطياف الكتلة " معرفة مردود الزيوت الطيارة الذي قدر ب (5.145 ± 1.03 % إلى 3.161 ± 0.44 %) لصنف الزعتر الجزائري . تم تحديد اثنان وعشرون (22) مركب تمثل 95.32% من إجمالي تكوين الزيت ، يغلب عليها مركب الكارفكرول بنسبة 54.66 %.

**الكلمات المفتاحية:** الزيوت الطيارة، الكارفكرول ، *thymus algeriensis* Boiss. & Reut, *thymus ciliatus*, *thymus fontanesii*

## Abstract

A study was carried out in the area of Ain Delfa to compare the natural distribution of 3 thyme species (*thymus algeriensis* Boiss. & Reut, *thymus ciliatus*, *thymus fontanesii*). The work was done by a series of visits in two main locations Dahra Zacar and Ouarasnis, which involved analyzing 29 locations spread throughout 14 communities.

HE was extracted by means of a hydro-distiller from plants collected in June 2015. The chemical composition of the main oils in the sample were measured by gas chromatography with mass spectroscopy (GCMS). This revealed a yield of essential oil between 5.145± 1.03% and 3.161 ± 0.44%. As a result of the analysis the main 22 compounds, that represent 95.32% of the oil found, were clearly identified. The single biggest compound present was shown to be carvacrol at 54.66%.

**Keywords:** essential oil, carvacrol, , *thymus algeriensis* Boiss. & Reut, *thymus ciliatus*, *thymus fontanesii* L

## Résumé

Une étude a été réalisée dans la wilaya de l'Ain Delfa pour comparer la répartition naturelle de 3 espèces de thym (*thymus algeriensis* Boiss. & Reut, *thymus ciliatus*, *thymus fontanesii*). Le travail a été réalisé par une série de visites dans les deux principaux massif Dahra Zacar et Ouarasnis, qui a consisté à observer 29 sites répartis dans 14 communautés.

L'extraction a été fait au moyen d'un hydro-distillateur de plantes recueillies en Juin 2015. La composition chimique des principales huiles dans l'échantillon ont été mesurées par chromatographie en phase gazeuse couplé avec spectrométrie de masse (GC/MS). Cela a révélé un rendement en huile essentielle entre 5.145 +/- 1,03% et 3.161 +/- 0,44%. À la suite de l'analyse des principaux composés, 22 qui représentent 95,32% de l'huile trouvée, ont été clairement identifiés. La plus importante composé présent a été montré pour être carvacrol à 54,66%.

**Mots clés :** huile essentielle, carvacrol, thym, Ain Defla. *thymus algeriensis* Boiss. & Reut, *thymus ciliatus*, *thymus fontanesii*

## Liste des Abréviations

**A F N O R** : Association Française de la Normalisation.

**A G I S**: Acid Gras Insaturé.

**A G S**: Acid Gras Saturé.

**A N P A T** : Agence Nationale de La Planification et de l'Aménagement du Territoire.

**B H A**: butylhydroxyanisole.

**B H T**: butylhydroxytoluène.

**C L**: Concentration Létale.

**C M B**: Concentration Minimale Bactéricide.

**C M I**: Concentration Minimale Inhibitrice.

**D L**: Dose Létale.

**D P P H**: Diphenylpicrylhydrazyl.

**H D** : Hydrodistillation.

**H D-U A E** : Hydrodistillation assistée par ultrasons.

**H E**: Huile Essentielle.

**I S O** : Organisation Internationale de Standardisation.

**M A D R P** : Ministère de l'Agriculture et le Développement Rurale et la Pêche.

**M H G** : Microwave hydrodiffusion and gravity.

**M S**: Matière sèche.

**O M S**: Organisation Mondiale de la Santé.

**pH**: potentiel d'hydrogène.

**P p m**: partie par million.

**S F M A E**: Solvent Free microwave Assisted Extraction

**T H D** : Turbohydrodistillation.

**TR<sup>a</sup>**: Temps de Rétention.

**T B H Q**: tert-butylhydroquinone.

## Liste des figures

- Figure 1 :** Coupe transversale de l'extrémité de la feuille d'*Origanum vulgare* L avec ses poiles sécréteurs remplis d'huile essentielle. **06**
- Figure 2 :** Carte topographique de la wilaya d'Ain Defla. **22**
- Figure 3 :** localisation de lieu de récolte sur la carte d'Ain defla Mekhatria (Harchoua). **22**
- Figure 4:** photos de gauche à droite *thymus fontanesii*, *thymus ciliatus* et *thymus algeriensis* Boiss. & Reut (photo personnel). **23**
- Figure 5 :** *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut de la région de Mekhatria (Photo personnelle). **23**
- Figure 6 :** Hydrodistillateur de type clevenger (photo personnel). **25**
- Figure 7 :** Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse. **26**
- Figure 8:** Carte de répartition de *thymus fontanesii*, *thymus ciliatus*, *thymus algériensis* Boiss. & Reut à travers la wilaya d'Ain Defla. **27**
- Figure 9:** Teneur de MS de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut de la région de Mekhatria. **28**
- Figure 10 :** représentation graphique de la cinétique d'extraction d'huile de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut. **29**
- Figure 11:** représentation graphique de la variation de rendement globale d'huile essentielle en fonction de la durée d'extraction. **31**
- Figure 12:** représentation graphique du rendement d'HE de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut en fonction de la date de récolte. **32**

## Liste des tableaux

|                                                                                                                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tableau 1:</b> Chémotype des huiles essentielles de <i>thymus vulgaris, algeriensis</i> .                                                                        | <b>04</b> |
| <b>Tableau 2:</b> Influence de stade végétatif sur le rendement et la composition chimique d'HE.                                                                    | <b>05</b> |
| <b>Tableau 3:</b> Influence de l'organe producteur sur le rendement et la composition chimique d'huile essentielle de <i>Thymus palleescens</i> .                   | <b>05</b> |
| <b>Tableau 4:</b> Influence de l'origine botanique sur le rendement et la composition chimique d'HE.                                                                | <b>06</b> |
| <b>Tableau 5 :</b> variation de rendement d' <i>ocimun canum</i> en fonction de l'heure de récolte.                                                                 | <b>07</b> |
| <b>Tableau 6:</b> Influence de la fréquence et l'intensité des précipitations sur le rendement et la composition d'huile de <i>thymus algeriensis</i> Boiss. & Reut | <b>08</b> |
| <b>Tableau 7:</b> Influence de période de récolte sur le rendement et la composition chimique des HES.                                                              | <b>08</b> |
| <b>Tableau 8 :</b> Influence de l'altitude sur le rendement et la composition des HES.                                                                              | <b>11</b> |
| <b>Tableau 9 :</b> Influence du mode et taux d'extraction sur le rendement et la composition d'huile de <i>P.pinaster</i> .                                         | <b>12</b> |
| <b>Tableau 10 :</b> CMI et CMB de quelque HE contre <i>p. aeruginosa, E.coli, S, aureus</i> .                                                                       | <b>15</b> |
| <b>Tableau 11 :</b> les concentrations létales d'HEs contre quelques larves des moustiques.                                                                         | <b>18</b> |
| <b>Tableau 12 :</b> dates de récolte et de durée du séchage en jours.                                                                                               | <b>24</b> |
| <b>Tableau 13 :</b> Caractéristiques organoleptiques d'huile essentielle de <i>thymus algériensis</i> Boiss. & Reut.                                                | <b>29</b> |
| <b>Tableau 14:</b> composition chimiques d'huile de <i>thymus algeriensis</i> Boiss. & Reut de première 30 min pour les 4 récoltes.                                 | <b>34</b> |
| <b>Tableau 15:</b> composition chimiques d'huile de <i>thymus algeriensis</i> Boiss. & Reut de 30, 60,90 min d'extraction.                                          | <b>35</b> |

# Sommaire

|                                                                                      |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Dédicaces</b> .....                                                               | <b>I</b>   |
| <b>Remerciements</b> .....                                                           | <b>II</b>  |
| <b>Liste des figures</b> .....                                                       | <b>IV</b>  |
| <b>Liste des tableaux</b> .....                                                      | <b>III</b> |
| <b>Liste des abréviations</b> .....                                                  | <b>V</b>   |
| Introduction.....                                                                    | <b>01</b>  |
| <b>PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE</b>                                                        |            |
| <b>Chapitre I / Les huiles essentielles</b> .....                                    | <b>03</b>  |
| 1. Définition.....                                                                   | 03         |
| 2. Facteurs influençant le rendement et la composition des huiles<br>essentiels..... | 03         |
| 2.1. Facteurs intrinsèques .....                                                     | 03         |
| 2.1.1. Chémotype.....                                                                | 03         |
| 2.1.2. Le cycle végétatif .....                                                      | 04         |
| 2.1.3. Organe producteur.....                                                        | 05         |
| 2.1.4. Origine géographique .....                                                    | 05         |
| 2.1.5. Tissus sécréteurs .....                                                       | 06         |
| 2.2. Facteurs extrinsèques.....                                                      | 07         |
| 2.2.1. Degré de fraîcheur.....                                                       | 07         |
| 2.2.2. Conditions environnementales.....                                             | 07         |
| 2.2.3. Période et l'époque de récolte de la plante .....                             | 08         |
| 2.2.4. Itinéraires techniques.....                                                   | 09         |
| 2.2.5. Stress hydrique.....                                                          | 10         |
| 2.2.6. Type de sol.....                                                              | 10         |
| 2.2.7. Altitude.....                                                                 | 10         |
| 2.2.8. Méthode d'extraction.....                                                     | 11         |
| 2.2.9. Etat du matériel végétal.....                                                 | 12         |
| 2.2.10. Conditions de stockage.....                                                  | 12         |
| <b>Chapitre II / Activités biologiques des huiles essentielles.</b>                  |            |
| Introduction.....                                                                    | 13         |
| 1. Activité antioxydant.....                                                         | 13         |
| 2. Activité antimicrobienne.....                                                     | 14         |

|                                                                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3. Activité antifongique.....                                                                                                                                                   | 15 |
| 4. Activité insecticide.....                                                                                                                                                    | 16 |
| 5. Activité acaricide.....                                                                                                                                                      | 16 |
| 6. Activité larvicide.....                                                                                                                                                      | 17 |
| <b>PARTIE EXPÉRIMENTALE</b>                                                                                                                                                     |    |
| Objectif.....                                                                                                                                                                   | 21 |
| Présentation des zones d'étude.....                                                                                                                                             | 21 |
| Matériel et méthodes.....                                                                                                                                                       | 23 |
| 1.1.Elaboration de la carte de répartition de <i>thymus algériensis</i> Boiss. & Reut. <i>thymus ciliatus</i> , <i>thymus fontanesii</i> . à travers la wilaya d'Ain Defla..... | 23 |
| 1.2.Matériel végétale utilisé.....                                                                                                                                              | 23 |
| 1.3.Méthodes.....                                                                                                                                                               | 24 |
| 3.1.Détermination de la matière sèche.....                                                                                                                                      | 24 |
| 3.2.Extraction d'huile essentielle.....                                                                                                                                         | 24 |
| 3.2.1. Etude de la cinétique d'extraction.....                                                                                                                                  | 26 |
| 3.2.2. Calcul de rendement.....                                                                                                                                                 | 26 |
| 3.3.Analyse chromatographie en phase gazeuse couplé à la spectrométrie de masse (CPG/SM) d'huile essentielle.....                                                               | 26 |
| Résultats et discussion.....                                                                                                                                                    | 27 |
| 1. Répartition de <i>thymus algériensis</i> Boiss. & Reut. <i>thymus ciliatus</i> , <i>thymus fontanesii</i> à travers la wilaya d'Ain Defla.....                               | 27 |
| 2. Détermination de la matière sèche.....                                                                                                                                       | 28 |
| 3. Caractéristique organoleptique.....                                                                                                                                          | 28 |
| 4. Cinétique d'extraction.....                                                                                                                                                  | 29 |
| 5. Rendement d'extraction.....                                                                                                                                                  | 31 |
| 6. Analyse chromatographie et composition chimique.....                                                                                                                         | 33 |
| Conclusion.....                                                                                                                                                                 | 37 |
| Références bibliographique                                                                                                                                                      |    |
| Annexes                                                                                                                                                                         |    |

# Introduction

## Introduction

---

Le règne végétal a offert à l'homme, depuis les temps les plus anciens, des ressources essentielles à son alimentation, à son hygiène et sa santé. Les parfums de ces végétaux sont associés à ses artistiques et ses esthétiques. Aujourd'hui, diverses maladies sont traitées uniquement par les seules thérapies naturelles qui font appel non seulement aux plantes aromatiques, mais également à leurs huiles essentielles **NAIT (2012)**.

Les huiles essentielles n'ont pas une présence générale chez les végétaux. Parmi environ les 1 500 000 espèces végétales, 10% seulement sont dites «aromatiques», c'est-à-dire qu'elles synthétisent et sécrètent des infimes quantités d'essence aromatique **BRUNETON (1999), GHUESTEM et al (2001)**. Certaines familles se caractérisent par le grand nombre d'espèces à essences qu'elles regroupent, en particulier les labiées, les ombellifères, les myrtacées et les lauracées **BENAYAD (2008)**.

Les huiles essentielles présentent une très grande variabilité au niveau de leur composition et de leur rendement. Cette variabilité est fondamentale car les activités qui découlent des huiles essentielles peuvent être très différentes **BRUNETON (1999), BENINI (2007)**. Cette variabilité peut s'expliquer par différents facteurs d'origine intrinsèques ou extrinsèques **BOUGUERRA (2012)**.

L'Algérie est connue par sa richesse en plantes médicinales, au regard de sa superficie et de sa diversité bioclimatique **MORAL (2002), NAIT (2012)**. La famille des *Lamiacées* comprend près de 6700 espèces regroupées dans environ 250 genres **MILLER et al (2006)**. Les labiées sont des arbustes, sous arbrisseaux, ou plante herbacées en générale odorantes, à tige quadrangulaires, feuilles en général opposées sans stipules, et l'une des familles les plus utilisées comme source mondiale d'épices et d'extrait à fort pouvoir antimicrobien, antifongique, anti-inflammatoire et antioxydant **GHERMAN et al (2000), HILAN et al (2006)**, Les huiles essentielles caractérisent cette famille.

Les lamiacées sont très nombreuses, les espèces les plus cités dans la littérature sont: *Salvia officinalis* **FELLAH et al (2006)**, *Mentha spicata* **CHOUDHURY et al (2006)**, *Origanum vulgare* **DIMITRIJEVIC et al (2007)**, *Rosmarinus officinalis* **MARZOUK et al (2006)**, *Ocimum basilicum* **LEE et al (2007)**.

Le genre *Thymus* largement répandu dans la région méditerranéenne **HAZZIT et al (2009)** est représenté par 215 espèces. Ce genre possède plusieurs activités biologiques comme antispasmodique **MEISTER et al, (1999)**, antimicrobienne **AMARTI et al (2010)**, antioxydant **SAFAEI-GHOMI et al (2009)** et anti-inflammatoire **ISMAILI et al (2002)**.

# Introduction

---

Dans ce travail, nous mettons en évidence la connaissance de répartition de quelques espèces de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut, *thymus ciliatus* et *thymus fontanisii* L et la caractérisation d'huile essentielle de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut, récoltée durant le mois de juin 2015 dans la région de Mekhatria, afin de passer à l'étape de la valorisation de cette famille.

Nous avons organisé notre travail en trois grandes parties:

- La partie I comprend une simple synthèse bibliographique sur les huiles essentielles, et les facteurs qui influençant la composition et le rendement des huiles essentielles.
- La partie II représente les méthodes analytiques de notre travail ainsi que l'étude expérimentale et la présentation des résultats obtenus et l'analyse de ces résultats.

# Partie bibliographique

## 1- Définition :

Le terme “huile essentielle” a été inventé au 16ème siècle par le médecin suisse *Parascelsus von Hohenheim* afin de désigner le composé actif d’un remède naturel. Il existe aujourd’hui approximativement 3000 huiles essentielles, dont environ 300 sont réellement commercialisées, destinées principalement à l’industrie des arômes et des parfums **ESSAWI et SROUR (2000)**.

Les huiles essentielles HEs, Les molécules actives impliquées dans les mécanismes de défense des plantes, sont issues du métabolisme secondaire. Elles ne participent pas directement à la croissance des plantes, mais ont évolué pour leur fournir une protection naturelle contre les attaques de microbes ou d’insectes. Une partie de ces métabolites secondaires se concentre dans les sacs oléifères, qui sont des poches sécrétrices d’huiles essentielles **GUINOISEAU (2010)**.

L’organisme de normalisation **AFNOR (2000)** définit les huiles essentielles comme «un produit obtenu à partir d’une matière première végétale, soit par entraînement à la vapeur, soit par des procédés mécaniques à partir de l’épicarpe de citrus, soit par distillation à sec ». Cette définition est cependant restrictive car elle exclut aussi bien les produits extraits à l’aide de solvants que obtenus par tout autre procédé.

## 2. Facteurs influençant la composition et le rendement des huiles essentielles

Les huiles essentielles présentent une très grande variabilité, tant au niveau de leur composition, qu’au plan du rendement des plantes d’origine. Cette variabilité est fondamentale car les activités biologiques qui en découlent peuvent être très différentes **BRUNETON (1999), BENINI (2007)**. Cette variabilité peut s’expliquer par différents facteurs d’origine intrinsèque, spécifiques du potentiel génétique de la plante ; ou extrinsèque, liés aux conditions de croissance et de développement de la plante.

### 2.1. Facteurs intrinsèque

#### 2.1.1. Chémotype

Le chémotype ou (chimiotype ou race chimique), introduite par Pierre **FRANCHOMME** en 1975 a été officialisée au sein de l’Union Européenne en 2006. Elle désigne une entité chimique distincte au sein d’une même espèce **FRANCHOMME (2003)**.

C’est une forme de classification chimique, biologique et botanique désignant la molécule majoritairement présente. Cette classification dépend des facteurs liés directement aux conditions de vie spécifique de la plante, à savoir, le pays, le climat, le sol et la période de

## Chapitre I : les huiles essentielles

récolte qui peuvent influencer sa composition. On parle alors d'une huile essentielle chémotypée **ZHIRI et BAUDOUX (2005)**. **FELLAH et al (2006)**, **LOZIENE et VENSKUTONIS (2006)**.

Le chimiotype est la signature de l'HE et le principe actif que l'on recherche pour ses effets thérapeutiques. Certaines espèces de plantes, présentent des variations chimiques de leur métabolite secondaire en fonction des influences de leurs écosystèmes (altitude, humidité, ensoleillement, *etc...*), bien que leur morphologie ainsi que leur génétique ne soient pas substantiellement transformées, seul leur phénotype chimique est mouvant **BONNET-ALVES (2002)**.

L'exemple le plus marquant est celui de l'espèce de *Thymus algeriensis* et *thymus vulgaris* qui présente des chémotypes différents (Tableau 1).

**Tableau 1: chémotype des huiles essentielles de *thymus vulgaris* et *thymus algeriensis*.**

| L'espèce                  | Chémotype        | Composants majeurs       | Références                    |
|---------------------------|------------------|--------------------------|-------------------------------|
| <i>Thymus vulgaris</i>    | Carvacrol        | carvacrol 83.8 %.        | BOUKHATEM <i>et al</i> (2014) |
|                           | Thymol           | Thymol 65.3%.            | ASGAR <i>et al</i> (2014)     |
|                           |                  | Thymol 52.4%.            | MANCINI <i>et al</i> (2015)   |
| <i>Thymus algeriensis</i> | Thymol           | Thymol 71%.              | CHEMAT <i>et al</i> (2012)    |
|                           | $\alpha$ -Pinene | $\alpha$ -Pinene 27.14%. | GIORDANI <i>et al</i> (2008)  |
|                           | Camphre          | Camphre 27,7 %.          | AMARTI <i>et al</i> (2010)    |
|                           | 1,8-Cineole      | 1,8-Cineole 15.79%,      | ZOUARI <i>et al</i> (2012)    |
|                           | Terpinen-4-ol    | Terpinen-4-ol 33.34%     | GUESMI <i>et al</i> (2014)    |

### 2.1.2. Cycle végétatif

Pour une espèce donnée la proportion des différents éléments constitutifs de l'huile essentielle peut varier de façon importante tout au long du développement. Ainsi, des changements importants sont observés au cours de la plante à fruits **SLIMANE (2002)**.

**HUDAIB et al (2002)** ont montré l'influence de l'âge ou le stade de développement de la plante sur le rendement et la composition de l'huile. La plante de 2 ans donne un rendement de 0.5% alors que celle de 5 ans donne un rendement de 0.15% (les plantes étant cueillies à la même période) **STEFANINI et al (2006)a**, **APROTOSOAIIE et al (2010)**.

## Chapitre I : les huiles essentielles

Le stade végétatif a une influence sur la composition quantitative et qualitative des huiles essentielles comme indiqué dans le (tableau 2).

**Tableau 2: Influence de stade végétatif sur le rendement et la composition chimique d'HEs.**

| Éspece                      | Stade                    | Composant majeure                                     | Rendement | Références                    |
|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------|
| <i>Artemisia absinthium</i> | Stade Végétatif          | $\beta$ -pinane 12.29 $\alpha$ – phellandrene 16.4%   | 0.60%     | MOHAMMADI <i>et al</i> (2015) |
|                             | stade de floraison       | $\beta$ -pinane 12.29, $\alpha$ – phellandrene 16.4%  | 0.68%     |                               |
|                             | Après stade de florisson | $\beta$ -pinane 31.87%, $\alpha$ – phellandrene 9.47% | 0.65%     |                               |
| <i>Thymus algeriensis</i>   | Stade Végétatif          | 1,8-Cineole 10.91%, $\alpha$ -Pinene 10.49%           | 2.68%     | ZOUARI <i>et al</i> (2012)    |
|                             | stade de floraison       | 1,8-Cineole 15.79%, $\alpha$ -Pinene 9.68%            | 2.38%     |                               |
| <i>Thymus pallescens</i>    | Stade de développement   | carvacrol 56.2 % p-cymene 7.5 %                       | 1.0%      | HAZZIT et BAALIOUAMER (2012)  |
|                             | Stade vegetative         | carvacrol 65.0 % p-cymene 10.2 %                      | 2.6%      |                               |
|                             | Stade de florison.       | carvacrol 52.5% p-cymene 13.5%                        | 4.6%      |                               |

### 2.1.3. Organe producteur

Tous les partis de la plante, de mêmes espèces (tableau 3), peuvent renfermer une huile essentielle et sa composition varie selon sa localisation **FALEIRO et al (2003)**.

**Tableau N°3 : Influence de l'organe producteur sur le rendement et la composition chimique des huiles essentielles de *Thymus pallescens*.**

| L'organe       | Rendement | Composants majeur                | Références                 |
|----------------|-----------|----------------------------------|----------------------------|
| <b>Feuille</b> | 2.8%      | carvacrol 39.0%, p-cymene 17.4%  | Hazzit et Baaliouamer 2012 |
| <b>Fleurs</b>  | 3.7%      | carvacrol 48.3% -terpinene 14.1% |                            |

### 2.1.4. Origine géographique

Le rendement en huile essentielle ainsi que sa composition varient d'une espèce végétale à une autre selon l'origine géographique (Tableau 4)

**Tableau 4: Influence de l'origine botanique sur le rendement et la composition d'HE.**

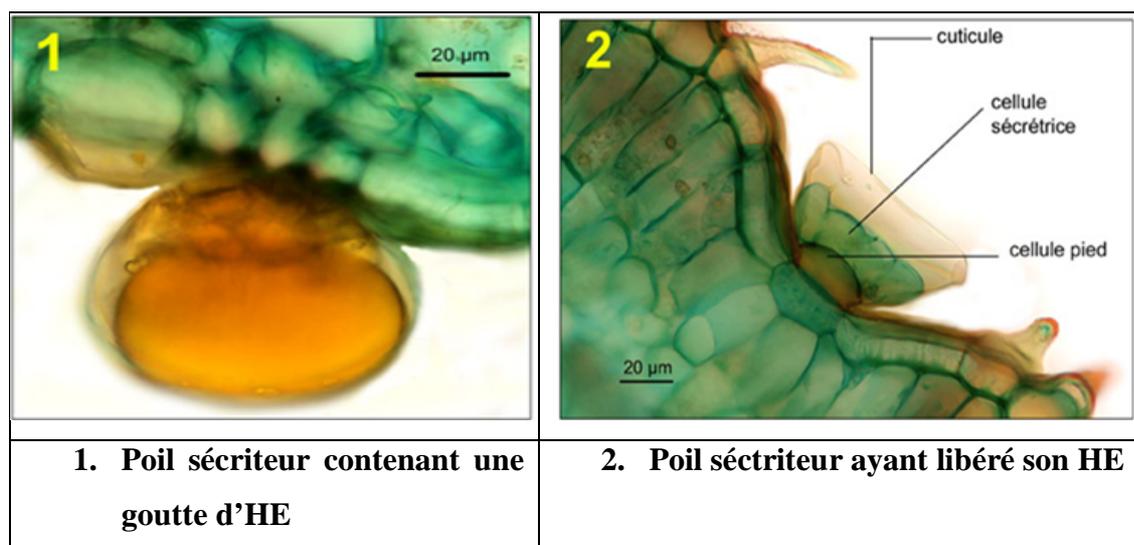
| Espèce                    | L'origine de plants | Composants majeurs                            | Rendement | Références                   |
|---------------------------|---------------------|-----------------------------------------------|-----------|------------------------------|
| <i>Thymus vulgaris</i>    | India               | thymol 46.2%<br>$\gamma$ terpinene 14.1%      | 1.6%      | SHABNUM et WAGAY (2011).     |
|                           | Brazil              | Thymol 44.7%,<br>p-Cymene 18.6%.              | 1.1%      | PORTE et GODOY (2008).       |
|                           | Italy               | Thymol 52.4 %,<br>Carvacrol 7.1%.             | 0.068%    | MANCINI <i>et al</i> (2015). |
| <i>Thymus algeriensis</i> | Maroc               | Camphre 27,7 % et l' $\alpha$ -pinène 20,5 %. | 0.3%      | AMARTI <i>et al</i> (2010).  |
|                           | Algeria             | thymol (71%), carvacrol (4%)                  | 1.45%     | CHEMAT <i>et al</i> (2012).  |

### 2.1.5. Tissus sécréteurs

L'huile essentielle est produite et stockée dans les tissus sécréteurs de la plante sous formes de petites gouttelettes comme la plupart des substances lipophiles **GONZALEZ *et al* (2007)**. Elles sont généralement associées à la présence des structures histologique spécialisés, souvent localisée sur ou à proximité de la surface de la plante **DEGRYSE *et al* (2008)**.

Les huiles essentielles sont élaborées par des glandes sécrétrices qui se trouvent sur presque toutes les parties de la plante. Elles sont sécrétées au sein du cytoplasme de certaines cellules où se rassemblent.

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles qui sont : et les canaux sécréteurs qui existent dans des nombreuses familles. Il est intéressant de remarquer que les organes d'une même espèce peuvent renfermer des huiles essentielles de composition différente selon la localisation dans la plante **DEGRYSE *et al* (2008)**.



**Figure 1: Coupe transversale de l'extrémité de la feuille d'*Origanum vulgare* L. avec ses poils sécréteurs rempli d'huile essentielle.**

## 2.2. Facteurs extrinsèque

### 2.2.1. Degré de fraîcheur

Des résultats obtenues par **GRECHE et al (2008)** montrent l'effet de séchage sur la variation des rendements des huiles essentielles de l'espèce *tanacetum annuum* L. de 1.38, 0.8ml et 1ml /100g Ms respectivement 1<sup>er</sup> 2<sup>eme</sup> et 7<sup>eme</sup> jours de séchage à l'air libre.

Les résultats relatifs à cette étude démontrent que le séchage à l'ombre de la partie aérienne de *T. annuum* L. N'affecte pas d'une manière significative la composition chimique de l'huile essentielle qui reste dans l'ensemble relativement constante.

### 2.2.2. Conditions environnementales

Le rendement et la composition chimique des huiles essentielle peuvent être modifiées sous l'effet des conditions pédoclimatiques pour la même espèce, même génotype et le même stade de développement, **BAKKALI et al (2008)** et **APROTOSOAIIE et al (2010)** ainsi que l'origine géographique de la matière première **MOHAMMEDI (2006)** et **MARZOUKIA et al (2009)**.

#### a. Durée d'enseillement et l'époque de récolte

La photopériode intervient à 2 niveaux : celui de l'induction florale et celui de la durée journalière de la photosynthèse (thermo photopériode). Une étude sud-africaine récente **MOSTA (2006)** a révélé que les récoltes de géranium espacées de 8-12 semaines en période enseillée donnent de meilleurs résultats quantitatifs et qualitatifs.

**YAYI-LADEKAN et al (2011)**, a étudié la variation diurne de la composition chimique et son influence sur les propriétés antimicrobiennes de l'huile essentielle de *Ocimum canum* Sims, Le rendement de l'huile varie selon le temps et l'enseillement. Abondant le matin à 7h « 1,71% », le rendement décroît progressivement avec l'augmentation des rayons solaires, jusqu'à son minimum à 13 h « 1,35% » quand le soleil est au zénith, avant de croître à nouveau à sa valeur la plus élevée « 1,78% » à 19 h, au couché du soleil.

**Tableau 5 : Variation de rendement d'*Ocimum canum* en fonction de l'heure de récolte.**

| Echantillons de OC | E7h       | E10h      | E13       | E16h      | E19h      |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Rendement (%)      | 1,71±0,01 | 1,69±0,02 | 1,35±0,01 | 1,70±0,01 | 1,78±0,02 |

#### b. Fréquence et l'intensité des précipitations

La fréquence et l'intensité des précipitations peut intervenir sur la sécrétion des huiles essentielles, les plantes extériorisent leur potentiel sécrétrices dans les conditions de faible précipitation comme indiqué dans le tableau (06).

## Chapitre I : les huiles essentielles

**Tableau 6 : Influence de la fréquence et l'intensité des précipitations sur le rendement et la composition d'huile essentielle de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut ZOUARI *et al* 2012 (Tunisie).**

| Zone         | zone Bioclimatique   | Pluviométrie (mm/ans) | Composants majeurs                          | Rendement |
|--------------|----------------------|-----------------------|---------------------------------------------|-----------|
| Oued Om Ali  | Inferieur aride      | 100-200               | 1,8-Cineole 7.55%<br>$\alpha$ -Pinene 7.41% | 3.66%     |
| Sidi Harrath | Supérieur semi-aride | 300-400               | 1,8-Cineole 18.02%,<br>camphor 12.02%       | 1.70%     |
| Haydra       | Supérieur semi-aride | 400-500               | 1,8-Cineole 22.07%,<br>camphor 17.49%       | 1.03%     |

### 2.2.3. Période de récolte de la plante

HUDAÏB *et al* (2002) ont souligné l'importance du choix de la période de récolte du thym pour obtenir une grande quantité d'huile de qualité. Ils ont trouvé que le rendement diffère d'une période à une autre. Le meilleur rendement (1,2%) est obtenu pour la plante cueillie le 24 juillet. L'huile se caractérise par une composition importante en hydrocarbures mono terpéniques (*p*-cymène et  $\gamma$ -terpinène) et en mono terpènes phénoliques (thymol et carvacrol). La plante cueillie le 5 juin, le 3 juillet et le 6 décembre donne des rendements de l'ordre de 0,52; 0,50 et 0,08% respectivement.

**Tableau 7 : Influence de Période de récolte sur le rendement et la composition chimique des HEs.**

| Espèce                    | Mois          | Rendement | Composants majeur                            | Références                     |
|---------------------------|---------------|-----------|----------------------------------------------|--------------------------------|
| <i>Thymus algeriensis</i> | Janvier 2013  | 1.27%     | Camphor 16.7%<br>1,8 cineol 13.9%            | KSOURI <i>et al</i> 2015.      |
|                           | Avril 2008    | 0.3%      | Camphre 27,7 %<br>$\alpha$ -pinène 20,5 %.   | AMARTI <i>et al</i> 2010.      |
|                           | mai 2010      | 2,96%     | Thymol 37.78%<br>$\alpha$ -terpinène 15,1%.  | ZAYYAD <i>et al</i> 2014.      |
|                           | Juin 2009     | 2.2%      | Borneol 23.48%<br>Linalool 8.99%.            | AIT OUAZZOU <i>et al</i> 2011. |
|                           | Jeuillet 2005 | 0.5%      | 4-terpineol 10.6%,<br>camphor 10.1%.         | HAZZITE <i>et al</i> 2009.     |
| <i>Thymus capitatus</i>   | Janvier 2005  | 1.2%      | Carvacrol 71.3%<br><i>p</i> -cymene 8.1%     | BOUNATIROU <i>et al</i> 2007   |
|                           | Jeuillet 2005 | 2.8%      | Carvacrol 70.6%<br>$\gamma$ -Terpinene 10.9% |                                |
|                           | Aout 2005     | 3.6%      | Carvacrol 63.0%<br><i>p</i> -cymen 15.4%     |                                |

## 2.2.4. Itinéraire technique

### a. Désherbage

Désherbage a un effet positif sur l'augmentation du rendement et pourra être fait soit en privilégiant une culture intercalaire ou encore l'apport de la paille. Plusieurs études ont confirmées cette tendance **MOSTA (2006)**, **RAO BR (2002)**, **RODOLFO J et al (2006)**.

En effet, les mauvaises herbes influentes négativement sur la composition chimique de l'huile ce constat a été mis en évidence par **RAO et al (2002)**

### b. Apport des éléments minéraux

Il contribue à l'augmentation de la masse végétale, donc celui du rendement en HE. C'est ce qui en ressort d'une étude indienne **RAM et al (2003)** sur le géranium, mettant en exergue un meilleur rendement (18.4 kg/ha) en utilisant des engrais organiques en combinaison avec l'azote (160Kg/ha), la fertilisation d'azote n'avait aucun effet indésirable sur la qualité d'huile essentielle de géranium.

Les conditions culturales telles que la date de semis, la date de récolte, les traitements phytosanitaires, l'emploi d'engrais, ainsi que les techniques de récolte influencent aussi la composition et le rendement des huiles essentielles **BENINI (2007)**, **APROTOSOAIIE et al (2010)**.

### c. Espacement des plantes au sol

**RAO et al (2002)** préconisent un espacement de 60x30 cm et de préférence une culture intercalaire (menthe) pour un meilleur rendement

### d. pH du sol

**ARAYA et al (2011)**, a montré que le pH du sol au-dessus de 5.5 et la saturation de base de sol au-dessus de 55 % ont augmenté le rendement d'huile essentielle (par ha). Ceci par un expérience de terrain effectuée sur le géranium parfumé de rose (le Pélargonium sp.) sur des sols acides traité par liming qui permet d'augmenter le pH de sol, Les traitements étaient le calcaire dolomitique à 0 (le contrôle), 2, 4 et 6 t/ha. Le pH de sol n'était influencé par liming pour aucun des traitements à la première récolte ; tandis qu'en deuxième, le troisième et de quatrième récolte, une augmentation du pH a été observée pour tous les traitements limed. Au moment de la première récolte, les plantes n'ont pas répondu significativement à 2 et 4 t/ha de liming, mais ont répondu positivement à 6 t/ha. L'herbage frais cumulatif et les rendements d'huile essentielle de toutes les récoltes étaient plus hauts sur les traitements limed que le contrôle.

### 2.2.5. Stress hydrique

**BAHREININEJAD *et al* (2014)**, ont étudié la croissance de la productivité et l'huile essentielle *thymus carmanicus Jalas* sous des régimes différents d'eau. L'irrigation réduite de 20 % à 80 % d'épuisement d'eau de sol a causé une diminution de la production d'HE jusqu'à 42 %. L'irrigation diminuée de 20 % à 80 % d'épuisement d'eau de sol a réduit carvacrol (8 %) et  $\gamma$ -terpinene (22 %). Les résultats ont montré que pour la production de pétrole maximale, cette espèce devrait être irriguée basée sur l'épuisement d'eau de sol de 20 %.

**PETROPOULOS *et al* (2008)**, ont étudié l'effet de stress hydrique sur la croissance de plante, le rendement d'huile essentielle et la composition de persil, a été cultivées dans les conditions de déficit d'eau, le stress d'eau a augmenté le rendement d'huile essentielle (0.04% à 0.07% pour un déficit de (0–10%) à (45–60%) respectivement), et aussi causé des changements de la contribution relative des certains constituants d'arôme des huiles essentielles principalement un diminution de taux de 1,3,8-p-menthatriene 5.49 à 1.95% pour un déficit de 10% à 60%.

Les effets d'irrigation de déficit sur l'amande, l'acide gras et des niveaux de tocopherol ont été étudiés dans une expérience effectuée par **ZHU *et al* (2015)**. Des amandiers mûrs ont été soumis à trois niveaux d'irrigation de déficit (85 %, 70 % et 55 %), aussi bien que le contrôle (100 %) et la sur-irrigation (120 %) des traitements. L'irrigation de déficit modérée (85 %) n'avait aucun impact nuisible sur le contenu de lipide de noyau d'amande, mais des manques sévères et extrêmes (70 % et 55 %) influencé sur le contenu de lipide. Acide gras Non saturé (AGIS) et acide gras saturé (AGS)

### 2.2.6. Type de sol :

**MUHAMMAD *et al* (2010)**, a étudiée la variation de rendement et la composition chimique d'huile essentielle d'*Eucalyptus cacaldulensis* dans les sols salé et non salé, le rendement pétrolier est de 0.98 et 0.96% de sol salé et non salé respectivement et le major constituant 1,8-cineole varie de 34.42 à 40.0% respectivement pour les sols salé et non salé, cette variation est due à stress de salinité de sol.

### 2.2.7. Altitude

Le tableau 08 ci-dessous montre l'effet d'altitude du sol sur le rendement des huiles essentielles :

## Chapitre I : les huiles essentielles

**Tableau 8 : Influence de l'altitude sur le rendement et la composition des HEs.**

| <i>Thymus pallescens</i>  |        |                                                       |           |                                    |
|---------------------------|--------|-------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------|
| L'altitude                |        | Composants majeurs                                    | Rendement | Référence                          |
| Oued Rhiou                | 72 m   | thymol 49.3%, carvacrol 9.0%.                         | 6.2%      | HAZZIT <i>et al</i> (2006), (2009) |
| Kadiria                   | 180 m  | Carvacrole 44.4%, p-cymene 12.0%.                     | 3.3%      |                                    |
| Medea Tablat              | 470m   | thymol 15%, carvacrol 6.8%,                           | 3.7%      |                                    |
| Boussaada                 | 574 m  | carvacrol 46.9%, p-cymene 10,0%                       | 2.8%      |                                    |
| <i>Thymus algeriensis</i> |        |                                                       |           |                                    |
| Ayaycha                   | 192m   | <i>cis</i> -Sabinene hydrate 12.95%<br>camphor 11.72% | 2.25%     | ZOUARI <i>et al</i> (2012)         |
| Djebel Slata              | 670m   | 1,8-Cineole 18.46%, camphor 15.69%                    | 1.68%     |                                    |
| Dachra                    | 693m   | 1,8-Cineole 14.73%, camphor 14.37%                    | 1.35%     |                                    |
| Haydra                    | 800 m  | camphor 13.64%, 1,8-Cineole 12.45%                    | 1.03%     |                                    |
| Chrea                     | 1500 m | terpinyl acetate 18.0%, nerolidol 12.6%               | 0.7%      | HAZZIT <i>et al</i> (2009)         |

### 2.2.8. Méthode d'extraction

Des études effectuées par **GOMES *et al* (2004)** avaient montré l'influence de la technique d'extraction sur le rendement et la qualité de l'HE.

La labilité des constituants des HEs explique que la composition du produit obtenu par hydrodistillation soit, le plus souvent, différente de celle du mélange initialement présent dans les organes sécréteurs du végétal **LUCCHESI (2005)**.

L'hydrodistillation possède des limites. Le chauffage prolongé et puissant engendre une détérioration de certains végétaux et la dégradation de certaines molécules aromatiques. L'eau, l'acidité et la température peuvent induire des réarrangements, des isomérisations, des racémisations et/ou des oxydations **SILOU (2003)**, **LUCCHESI (2005)** et la méthode d'extraction **ABRAMSON *et al* (2007)**, **SILANO et DELBO (2008)**.

La durée de la distillation influe non seulement sur le rendement mais également sur la composition de l'extrait **LUICITA RIVERA (2006)**. C'est ainsi que pour certains végétaux fragiles, comme par exemple les pétales de fleurs, une technique d'extraction plus appropriée est utilisée. Il s'agit de la distillation dite sèche. Cette technique ancestrale, utilisée autrefois par les alchimistes arabes **LUCCHESI (2005)**, **CHEMAT *et al* (2004)**.

## Chapitre I : les huiles essentielles

**Tableau 9: l'influence de mode et temps d'extraction sur le rendement et la composition d'huile de *P. pinaster*.**

| Méthode d'extraction | Temps d'extraction (min) | Rendement | Composants majeurs                                 | Référence                |
|----------------------|--------------------------|-----------|----------------------------------------------------|--------------------------|
| <b>HD</b>            | 480                      | 0.26%     | $\beta$ -Caryophyllene 22.2%<br>Longifolene 15.6 % | MEULLEMIES<br>TRE (2014) |
| <b>THD</b>           | 180                      | 0.28%     | $\beta$ -Caryophyllene 26 %<br>Longifolene 12.6%   |                          |
| <b>HD-UAE</b>        | 150                      | 0.28%     | $\beta$ -Caryophyllene 11.2%<br>Longifolene 14.6%  |                          |
| <b>SFME</b>          | 60                       | 0.27%     | $\beta$ -Caryophyllene 18%<br>Longifolene 7.9 %    |                          |
| <b>MHG</b>           | 60                       | 0.27%     | $\beta$ -Caryophyllene 18%<br>Longifolene 7.9%     |                          |

### 2.2.9. Etat du matériel végétal

L'état sauvage ou les conditions de culture, ainsi que les facteurs environnementaux jouent un rôle non négligeable, à la fois sur les aspects qualitatifs mais aussi quantitatifs des constituants élaborés par la plante. Des travaux de **PINTO *et al* (2006)**, **HETTIARACHICHI (2008)** montrant l'influence L'état du matériel végétal sur la composition et le rendement des huiles essentielles.

### 2.2.10. Les conditions de stockage

Le stockage des matières premières avant distillation peut également influencer la composition et le rendement des huiles essentielles **BESOMBES (2008)**. Pour assurer une bonne conservation, c'est-à-dire favoriser l'inhibition de toute activité enzymatique après la récolte, il faut éviter la dégradation de certains constituants ainsi que la prolifération microbienne, la distillation immédiate ou un séchage soigneux étant les deux procédés utilisés.

### Introduction

L'activité biologique d'une huile essentielle est à mettre en relation avec sa composition chimique et les possibles effets synergiques entre ses composants. Sa valeur tient à son «totum» ; c'est-à-dire, l'intégralité de ses constituants et non seulement à ses composés majoritaires **LAHLOU (2004)**.

Les vertus des huiles essentielles sont connues et utilisées depuis longtemps, mais cette utilisation se basait sur des pratiques traditionnelles et des applications sans bases scientifiques précises. De nos jours, leur emploi se fait sur des bases scientifiques et rationnelles puisque de nombreux travaux de recherche ont porté sur les activités antimicrobiennes et antioxydants ...ect des huiles essentielles des plantes aromatiques.

#### 1. Activité antioxydant

Le progrès de l'oxydation a comme conséquence la détérioration complète des aliments. La dégradation oxydative des constituants de nature lipidique de nos aliments présente des inconvénients à la fois aux plans organoleptique, nutritionnel, fonctionnel, économique et hygiénique **ALAIS *et al* (2008)**, **RASHID *et al* (2010)**. La lutte contre l'oxydation des lipides représente donc un enjeu considérable pour les industriels alimentaires. Pour supprimer ou ralentir l'oxydation des lipides, deux voies sont envisageables : tenter de réduire les facteurs favorables à cette oxydation et/ou trouver un réactif qui ralentit l'oxydation : c'est le rôle de l'antioxydant **JEANTET *et al* (2006)**. Ce dernier est défini comme une substance qui, à de faibles concentrations comparées à celles des substrats oxydables, prévient significativement ou retarde l'initiation du processus d'oxydation **BEIRÃO et BERNARDO-GIL (2006)**. L'anhydride sulfureux et ses combinaisons minérales ont été utilisés comme premiers antioxydants, mais ces composés possèdent un caractère fortement allergisant **PORTES (2008)**. On trouve aussi d'autres composés comme, le butyl-hydroxyanisole (BHA), le butyl-hydroxytoluène (BHT) et le tert-butylhydroquinone (TBHQ), D'autre part. En revanche, le BHA et le BHT ont été avérés cancérigènes **OLIVERO-VERBEL *et al* (2010)**. Le TBHQ a été interdit au Japon, au Canada et en Europe. De même, le BHA a été également éliminé de la liste des composés GRAS **RASHID *et al* (2010)**. Par conséquent, il y a un grand intérêt mondial pour la recherche de nouvelles sources d'antioxydants, naturelles et sûres **PAMPHILE *et al* (2009)**, **DONGMO *et al* (2010)**.

Quelques récentes publications ont rapporté que certaines huiles essentielles sont plus efficaces que quelques antioxydants synthétiques **HUSSAIN *et al* (2010)**, **DASHTI *et al* (2015)**. Les effets antioxydants d'huiles essentielles et d'extraits des plantes sont dus

## Chapitre II : Activités biologiques des huiles essentielles

---

principalement à la présence des groupes d'hydroxyle dans leur structure chimique (HUSSAIN, 2009).

Les travaux de **AMARTI et al (2011)** ont montré que les huiles essentielles de *Thymus capitatus*, *thymus ciliatus* et *Thymus bleicherianus* témoignent d'un pouvoir antioxydant in vitro très intéressant, alors que celle de *T. algeriensis* possède un faible effet antioxydant. Cette forte capacité de réduction des radicaux libres des trois essences peut être due à leurs profils chimiques, riches en phénols (thymol et carvacrol). Cependant la faible activité antioxydant de l'essence de *t. algeriensis* peut être expliquée par la teneur à peine détectable en thymol (0,15%) et l'absence du carvacrol. En effet ces deux derniers constituants phénoliques ont déjà prouvé leur fort pouvoir antioxydant **SOKMEN et al (2004)**, **TEPE et al (2007)**.

*Thymus vulgaris* L.se situait parmi les fines herbes séchées contenant les plus grandes capacités antioxydants. Différents composés du thym lui permettent de posséder un tel statut, comme les phénols (thymol et carvacrol), les flavonoides, l'acide rosmarinique, l'acide caféique et la vitamine E **KULIŠIĆ et al (2006)**. Ces constituants inhibent la peroxydation lipidique induite *in vitro* au niveau des mitochondries et des microsomes.

L'huile essentielle de *Thymus vulgaris* a été testée pour son activité antioxydant par deux méthodes différentes : la technique de décoloration de la  $\alpha$ -carotène et le test du DPPH (Diphenylpicrylhydrazyl). Les résultats obtenus montrent que l'huile de *Thymus vulgaris* témoigne d'une grande activité antioxydant in vitro **BOUHDID et al (2006)**.

### 3. Activité antimicrobienne

L'efficacité clinique de la plupart des antimicrobiens commercialisés est jugée menacée par l'émergence rapide des pathogènes multi résistantes qui accroissent la nécessité de trouver des solutions de rechange **ABOBAKR et al (2016)**, Le succès connu de la médecine traditionnelle a guidé la recherche de nouveaux agents chimio thérapeutiques alternatives pour éliminer les infections causées par des microbes pharmaco résistants et à réduire les méfaits causés par les antibiotique **LIU ZH et NAKANO (1996)**, **BAYDAR et al 2004**, **UDOMSILP et al (2009)**, **SOUZA et al (2009)**.

Les huiles essentielles sont connus pour leurs propriétés antibactériennes **SILVA et al (2010)** (Tableau10), sont employer dans les aliments pour prolonger la durée de conservation des aliments **GACHKAR et al (2007)**, **GHA SEMI et al (2010)** mais le pouvoir

## Chapitre II : Activités biologiques des huiles essentielles

antimicrobiennes d'huile essentielle diminue en raison de leur volatilité et lipophilicité. **HADIZADEH et al (2009)**, **FODA et al (2010)**.

**ZAYYAD et al (2014)**, **HENI et al (2015)** ont montré la haute sensibilité de *Bacille cereus* et *Listériose monocytogenes*, *Erwinia chrysanthemi* et *Bacillus subtilis* au l'huile de thym, cette sensibilité est liée à la présence des phénols (carvacrol, thymol) possèdent un coefficient antibactérien le plus élevé, suivi des monoterpénols (géraniol, menthol, terpinéol), aldéhydes (néral, géraniol) **BELKOU (2005)**.

**Tableau 10 : CMI et CMB de quelque HE contre *P. aeruginosa*, *E. coli* et *S.aureus*.**

| Espèces                    | <i>Pseudomonas aeruginosa</i>    | <i>Escherichia coli</i>        | <i>Staphylococcus aureus</i>      | Références            |
|----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| <i>Juniperus phoenicea</i> | CMI 0.22mg/ml                    | CMI 0.02 mg/ml                 | CMI 0.10 mg/ml                    | DERWICH et al 2010    |
| <i>Mentha pulgium</i>      | CMI 30.0 µg/mL<br>CMB 30.0 µg/mL | CMI 1.0 µg/mL<br>CMB 5.0 µg/mL | CMI 1 µg/mL ,<br>CMB 30.0 µg/mL   | AIT OUAZZO et al 2012 |
| <i>Juniperus phoenicea</i> | CMI 30.0 µg/mL<br>CMB 30.0 µg/mL | CMI 30 µg/mL<br>CMB 30µg/mL    | CMI 0.5 µg/mL ,<br>CMB 10 µg/mL   |                       |
| <i>Cyperus longus</i>      | CMI 30.0 µg/mL<br>CMB 30.0 µg/mL | CMI 30µg/mL<br>CMB 30µg/mL     | CMI 0.5 µg/mL CMB<br>30.0 µg/mL   |                       |
| <i>Thymus Algeriensis</i>  | CMI0.003mg/mL<br>CMB 0.05mg/mL   | CMI0.002mg/ml<br>CMB0.004mg/ml | CMI 0.002 mg/mL<br>CMB 0.003mg/mL | GIWALI et al 2013     |

CMI : concentration minimale inhibitrice, CMB: concentration minimale bactericide

### 3. Activité antifongique

Dans le domaine phytosanitaire et agro-alimentaire, les huiles essentielles ou leurs composés actifs pourraient être employés comme agents de protection contre les champignons **JUAREZ et al (2016)** et les micro-organismes envahissant la denrée alimentaire **LIS-BALCHIN (2002)**.

Les huiles essentielles les plus étudiées dans la littérature pour leurs propriétés antifongiques appartiennent à la famille des *lamiacées* comme l'huile essentielle de *Thymus vulgaris* (3.71 µg/ml) contre une espèce de levure *Candida albicans* **GIORDANI et al (2008)**, *Lavandula stoechas* (1.6µg/ml) a été testée contre *Rhizopus stolonifer* et *Mucor spp* **MOHAMMEDI et ATIK (2011)**, *R. officinalis* avec une concentration minimale inhibitrice (15,75 mg/ml) contre *T. schimperii* **AWOL MEKONNEN et al (2016)**.

## Chapitre II : Activités biologiques des huiles essentielles

---

**TOUAIBIA et al (2014)**, à évaluée l'activité antifongique de l'huile essentielle de *Myrtus communis* L. contre les champignons phytopathogènes *Aspergillus niger* et *Penicillium sp.* Les résultats obtenus ont montré un effet inhibiteur prometteur contre les deux pathogènes testés avec un diamètre d'inhibition de  $14,33 \pm 0.2$  à  $20 \mu\text{l}$ .

**EL AJJOURI et al (2010)**, ont étudié l'activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. Qui ont exercé une très forte activité antifongique sur deux souches provoquant la pourriture du bois *Coniophora puteana* et *Gloeophyllum trabeum* à partir d'une très faible concentration de l'ordre de 0.0002 v/v.

### 4. Activité insecticide

L'efficacité des huiles essentielles en tant qu'insecticides est la préoccupation de nombreux chercheurs **RAJGOVIND (2016)**, **SONG (2016)**. Les travaux effectués concourent à mettre en évidence les différents éléments pouvant accroître l'action des huiles essentielles ravageurs. Ces études constituent une étape indispensable pour le développement de l'utilisation des huiles essentielles dans la lutte contre les ravageurs de grains. Pour tous ces auteurs, les huiles essentielles sont des substances fumigènes dotées de réelles potentialités insecticides à valoriser

**POPOVIĆ et al (2013)** ont montré l'activité insecticide de carvacrol présent dans les huiles essentielles (1.14 %) de *Calamintha glandulosa*, *Montana Satureja* et *Teucrium polium* testés contre *Tribolium castaneum*, avec un taux de mortalité très élevé après 24 h (56,67 %) contre le *T. Castaneum*.

L'application d'huile essentielle d'*origanum glandulosum* à une concentration de 15%, par contact, ingestion et inhalation montre l'effet insecticide sur *Rhizopertha dominica* ravageur de denrée céréalière, avec un taux de mortalité enregistré de 87% à 100% **BOUTEKEDJIRET et al (2004)**.

### 5. Activité acaricide

L'extension des acariens incite à la réalisation de nombreux programmes et travaux de recherches, la majorité d'entre eux se sont focalisés sur les aspects de lutte par les moyens chimiques essentiellement, ces produits chimiques restantes, a des effets néfastes sur l'environnement **ASGAR et al (2014)**.

L'acarien peut être trouvé sur les abeilles adultes, sur le couvain, dans les débris de la ruche et dans les denrées alimentaires. Il peut nuire à la fois et directement, les colonies et les

## Chapitre II : Activités biologiques des huiles essentielles

---

abeilles en endommageant les ouvrières individuelles durant le stade nymphe afin que leur durée de vie adulte et le poids corporel **AMDAM et al (2004)**

Les résultats d'efficacité des huiles essentielles contre le *Varroa destructor* obtenue par **KUTUKOĞLU et al (2012)** durant la période automnal sont respectivement des huiles essentielles de *L. nobilis* (76.7 %), *L. officinalis* (76.4 %) et *F. vulgare* (de 74.5 %). Au printemps, l'efficacité des taux était 83.8 % dans *L. officinalis*, 78.8 % dans *F. vulgare* et 70.8 % dans *L. nobilis*. ces résultats sont supérieurs à celle obtenues par **MAHMOOD et al (2014)** par l'utilisation des huiles de clou de girofle et le tabac (11.8%), suivi par l'ail (8.9%), l'olive (8%) et l'huile neem (7.8%), à des concentrations de 5 %, 10 % et 15 % .

### 6. Activité larvicide

Les femelles de nombreuses espèces de moustiques se nourrissent de sang de vertébrés vivants. On se nourrir de sang, certains d'entre eux transmettent des maladies extrêmement nuisibles, telles que la fièvre jaune, la Blue tangué, la fièvre aphteuse **HENG (2008)**. Les larves de moustiques et de chrysalides sont actuellement contrôlées par l'utilisation d'insecticides chimiques de synthèse , Leur utilisation répétée a perturbé les systèmes de contrôle biologique naturelle, résultant parfois dans le développement généralisé de résistance ainsi que des effets indésirables sur les organismes non cibles, les résidus toxiques dans les aliments, la sécurité des travailleurs, et le coût élevé de l'approvisionnement **SMAN (2006)**, **MURUGAN et al (2014)**. Ces problèmes ont justifié la nécessité de développer des stratégies alternatives à l'aide de produits écologiques. De ce point de vue, des pesticides d'origine végétale, y compris les huiles essentielles, sont prometteurs car ils sont efficaces, sans effet négatif sur l'environnement et facilement biodégradable et souvent peu onéreuses. De nombreuses huiles essentielles peuvent exercer l'activité toxique contre les espèces de moustiques **LVA et al (2010)**, **KWEKA (2011)**, **LIU et al (2013)**, **SAYAH et al 2014**, **EL-AKHAL et al 2015**).

Toutefois, des études ont montré qu'il y a de rapport sur l'activité larvicides entre la dose de l'huile essentielle et ses composés constituant contre les moustiques (Tableau 11).

## Chapitre II : Activités biologiques des huiles essentielles

**Tableau 11 : Les concentrations létales des HEs pour quelques espèces de moustique (larve).**

| Plante                    | Les concentrations létales            | Espèces de moustique (larve)                    | Références                            |
|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Acacia nilotica</i>    | LC 50= 55.72 ppm<br>LC 90= 194,58 ppm | <i>Anopheles stephensi</i>                      | <b>SAKTIVADIVEL et DANIEL (2008).</b> |
| <i>thymus capitatus</i>   | LC50 : (49.0 ppm)                     | <i>Cx. Pipiens</i>                              | <b>MANSOUR et al (2000)</b>           |
| <i>Ocimum basilicum</i>   | LC50 :<br>8.29 et 87.68 ppm           | <i>Stephensi</i><br><i>Cx. quinquefasciatus</i> | <b>MAURYA et al (2009)</b>            |
| <i>Origanum syriacum</i>  | LC50 est 36 mg/ l<br>après 24 h.      | <i>Cx. Pipiens molestus</i>                     | <b>TRABOULSI et al (2002)</b>         |
| <i>Lavandula stoechas</i> | LC50 est 89 mg /l<br>après 24 h.      |                                                 |                                       |
| <i>thymus vulgaris</i>    | LC50 = 103 ppm.<br>LC90 = 178 ppm.    | <i>Culex pipiens</i>                            | <b>EL-AKHAL et al (2015)</b>          |
| <i>Citrus aurantium</i>   | LC50= 35 ppm.<br>LC90 =70 ppm.        | <i>culex pipiens</i>                            | <b>SAYAH et al (2014)</b>             |
| <i>Citrus sinensis</i>    | LC90 = 64 ppm.<br>LC50= 120 ppm.      |                                                 |                                       |
| <i>Pistacia lentiscus</i> | LC90 62 ppm<br>LC50 =160 ppm.         |                                                 |                                       |

# Partie expérimentale

## **Objectif d'étude :**

L'objectif de notre travail est d'élaborer une carte de repartitions des espèces du thym appartenant à la famille des lamiacées (*Thymus algeriensis* Boiss. & Reut, *Thymus fantanesii* et *Thymus ciliatus*) à travers la wilaya de Ain Defla, et de mettre en évidence l'influence de la période de récolte de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut cueilli de la région de Mekhatria (massif Dahra zaccar) sur le rendement et les compositions d'HE au cours du mois de juin de l'année 2015.

## **Présentation des zones d'étude**

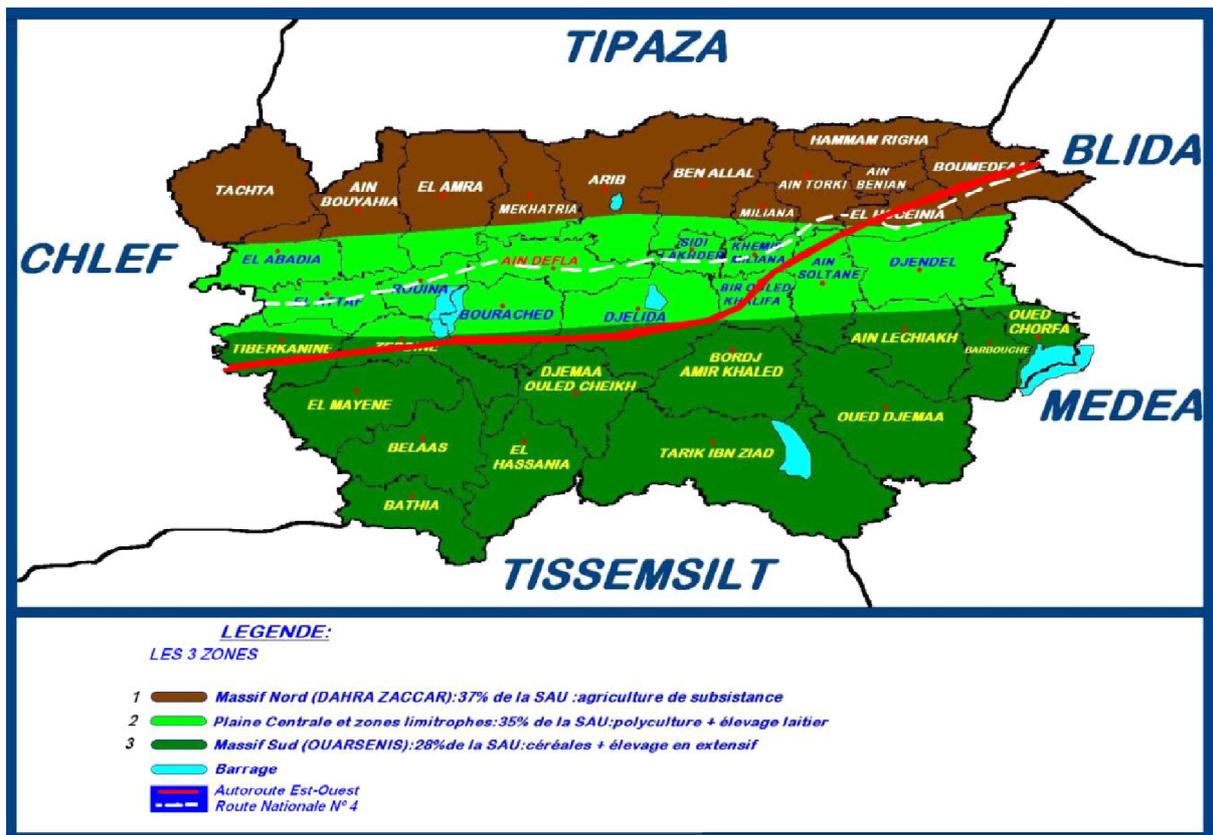
### **a. AIN DEFLA**

Le territoire de la wilaya est modelé selon sa configuration géographique avec les monts du DAHRA-ZACCAR : limité à l'Est par MITIDJA et l'ATLAS BLIDEEN, au Nord par la mer, au Sud par la plaine du Cheliff et à l'Ouest par la plaine HARBA. Cet ensemble se scinde en deux blocs distincts :

**Le ZACCAR :** il est formé de deux monts calcaires : le ZACCAR Gherbi avec une altitude qui atteint 1576 m et le Zaccar Chergui dont l'altitude la plus élevée atteint 1530 m. la forêt naturelle est dense.

**Le DAHRA :** il est formé d'un relief complexe l'altitude moyenne avoisine les 700 m c'est la partie les terrains sont tendres à prédominance marneuse, la végétation naturelle est très dégradée à prédominance de maquis.

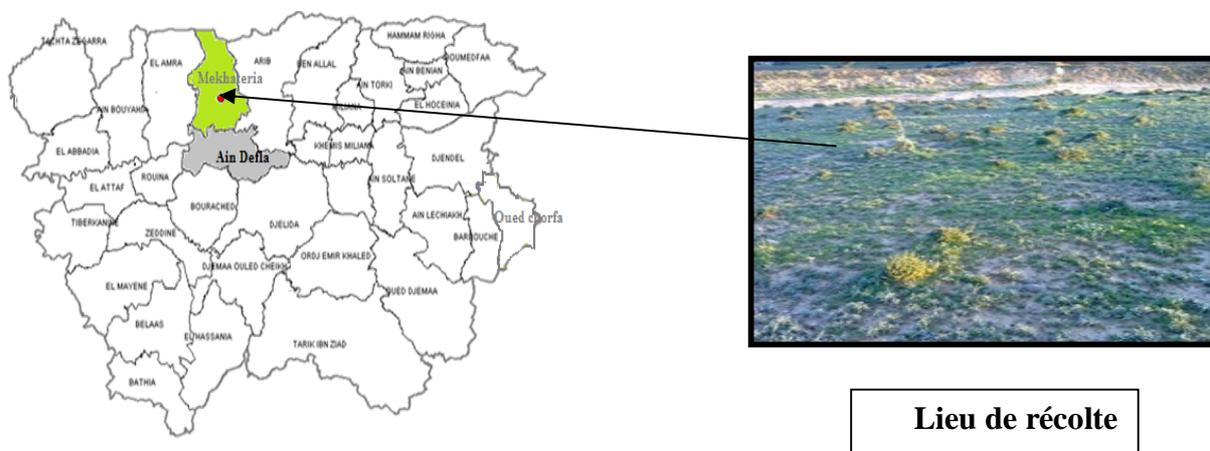
La wilaya d'AIN DEFLA présente un climat méditerranéen semi-aride avec un caractère de continentalité très marqué et un écart de température de 20°C entre les températures du mois de janvier et celle d'aout. L'été s'étend sur 5 à 6 mois environ avec des masses d'air chaud à partir du mois de mai. La pluviométrie reste variable et atteint 500 à 600 mm/an. Cette situation est lie à l'orographie : plus l'altitude est élevée plus l'étage est humide. De même pour l'enneigement qui touche les reliefs de plus de 600 m d'altitude.



**Figure 2:** Carte topographique de la wilaya d’Ain Defla.(A.N.P.AT)

### b. Mékhatria

La commune d’El Mekhatria, se situe à 5 kilomètres, au nord-ouest du chef-lieu de la wilaya d’Ain Defla. Elle est caractérisée par son climat froid en hiver et chaud en été, avec un printemps court et automne très bref. La température moyenne hivernale est comprise entre 0°C est 6°C et celle estivale oscille entre 32° C et 40°C. Quant à la pluviosité moyenne annuelle variable de 500 à 600 mm/an.

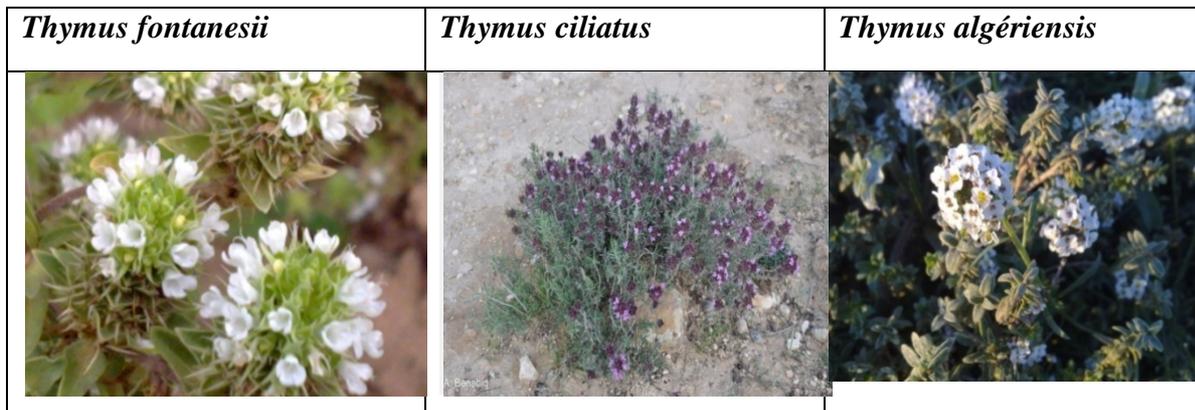


**Figure 3:** localisation de lieu de récolte sur la carte d’Ain Defla Mekhatria (Harchoua).

## Matériel et méthodes

### 1. Elaboration de la carte de répartition du thym à travers la wilaya d'Ain Defla

Afin d'élaborer une carte de répartition du *thymus algeriensis* Boiss. & Reut, *ciliatus* et *fontanisii* (fig 4) à travers la wilaya d'Ain Defla une phase de prospection est nécessaire. Nous avons effectué des sorties successives dans les deux massifs Dahra et Zacar et Ouarsenis dans la wilaya. .



**Figure 4** : photos de gauche à droite *thymus fontanesii*, *thymus ciliatus* et *thymus algeriensis* Boiss. & Reut (photo personnel)

### 2. Matériel végétal utilisé

La plante que nous avons étudiée est *thymus algeriensis* Boiss. & Reut. Elle appartient à la famille des lamiacées. Elle a été récoltée au niveau de la wilaya de Ain Defla, dans une zone bien déterminée commune de Mekhatria dans la localité dite « Harchaoua » (Fig 3). Cette plante a été identifiée au niveau du département des sciences agronomique, de la faculté sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre, l'université Djillali Bounaama de khemis Miliana, comme étant du *thymus algeriensis* Boiss. & Reut.



**Figure 5** : *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut de la région de Mekhatria (Photo personnelle)

## Matériel et méthodes

La période de récolte s'est étalée durant tout le mois de juin 2015. Après prélèvement et séchage à l'air libre, les échantillons étaient pesés puis déposés dans des sacs de papier sur lesquels était mentionnée la date de la récolte.

**Tableau 12 : Dates de récolte et de durée du séchage en jours**

| Semaine | Date de récolte | Durée de séchage (jours) |
|---------|-----------------|--------------------------|
| 1       | 4/06/2015       | 4                        |
| 2       | 11/06/2015      | 4                        |
| 3       | 17/06/2015      | 4                        |
| 4       | 24/06/2015      | 4                        |

### 3. Méthodes

#### 3.1. Détermination de la matière sèche

La détermination de la matière sèche, dans nos échantillons, a été déterminée par le procédé de dessiccation à une température de  $105^{\circ}\pm 2$  C dans une étuve isotherme ventilée à la pression atmosphérique pendant 24h (AOAC, 1990). Nous avons pris 01g de thym séché à l'air libre (Linden et Lorient, 1994).

$$MS\% = (Pds\ Sec / Pds\ Frais) \times 100$$

**Pds Frais** : poids de matériel végétal séché à l'air libre.

**Pds Sec** : poids du matériel végétal après déshydratation.

**MS %** : Matière sèche.

#### 3.2. Extraction d'huile essentielle

L'extraction d'huile essentielle du thym est réalisée au niveau du laboratoire de chimie « 2 » du département des sciences agronomiques de la faculté, sur un montage de l'hydrodistillation de type Clevenger (Fig 6)

De chaque échantillon de 50 g de thym séchées ont été soumises avec 500 ml d'eau distillée dans le ballon de Hydrodistillateur à température d'ébullition  $100^{\circ}\text{C}$ . Lorsque l'ébullition de l'eau commence on baisse la température à  $50^{\circ}\text{C}$  pour que les cellules du thym prennent le temps pour éclater et ainsi la sortie d'essence aromatique. L'huile essentielle recueillie par décantation à la fin de la distillation a été filtré, récupéré et mise dans des flacons sombres avec étiquète et stockée à  $4^{\circ}\text{C}$ .

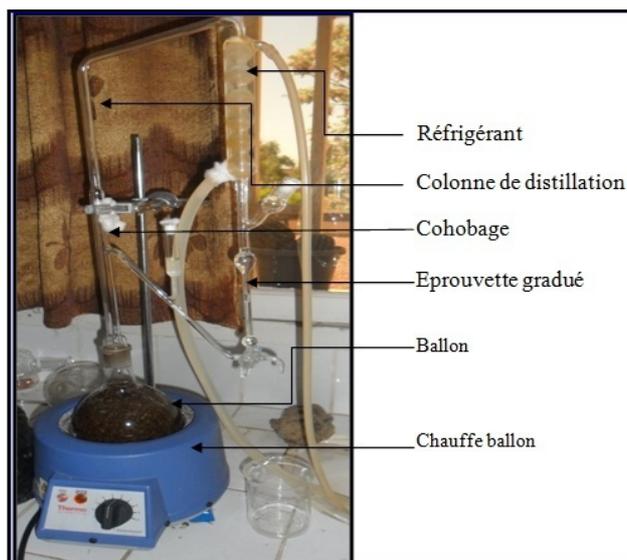


Figure 6 : Hydrodistillateur de type clevenger (photo personnel).

### 3.2.1. Etude de la cinétique d'extraction

Les conditions opératoires sont les suivants:

- Masse de la matière végétale :  $M_{MV} = 50\text{g}$ .
- Volume d'eau distillée :  $V_{ED} = 500\text{ ml}$ .
- Chauffage : a la température :  $T = 100^\circ\text{C}$ .

On a réalisé plusieurs extractions successives en fonction du temps. Après leur extraction, les huiles essentielles obtenues ont subi un calcul en rendement

### 3.2.2. Calcul de rendement

le rendement en huile essentielle (RHE) est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenue après l'extraction (MHE) et la masse de la matière végétale utilisée (MS). Le rendement est exprimé en pourcentage, et il est donné par la formule suivante :

$$\text{RHE}(\%) = \text{MHE} / \text{Mms} \cdot 100.$$

**R** : Rendement en extraits fixes en g /50 g de matière sèche

**MHE**: quantité d'extrait récupérée exprimée en g.

**Mms** : quantité de la matière végétale sèche utilisée pour l'extraction exprimée en g.

## Matériel et méthodes

### 3.3. Analyse chromatographique en phase gazeux couplé à la spectrométrie de masse (CPG/SM) d'huile essentielle

Les analyses chromatographiques ont été effectuées sur un chromatographe en phase gazeuse à régulation électronique de pression de type Chrompack CP 9002, équipé d'une colonne capillaire en silice fondue de type DB-5 de 30 m de longueur, 0.25 mm de diamètre et 0.25  $\mu\text{m}$  d'épaisseur de film, d'un détecteur à ionisation de flamme réglé à 280°C et alimenté par un mélange de gaz H<sub>2</sub>/air et d'un injecteur split splitless réglé à 250°C. Le gaz vecteur est l'azote à 1ml/min. Le mode d'injection est split (rapport de fuite de 1/50, débit de fuite 66 ml/min). La température de la colonne est programmée de 50°C (mn) à 250°C à raison de 2°C/min, puis est maintenue à 250°C pendant 10 min.

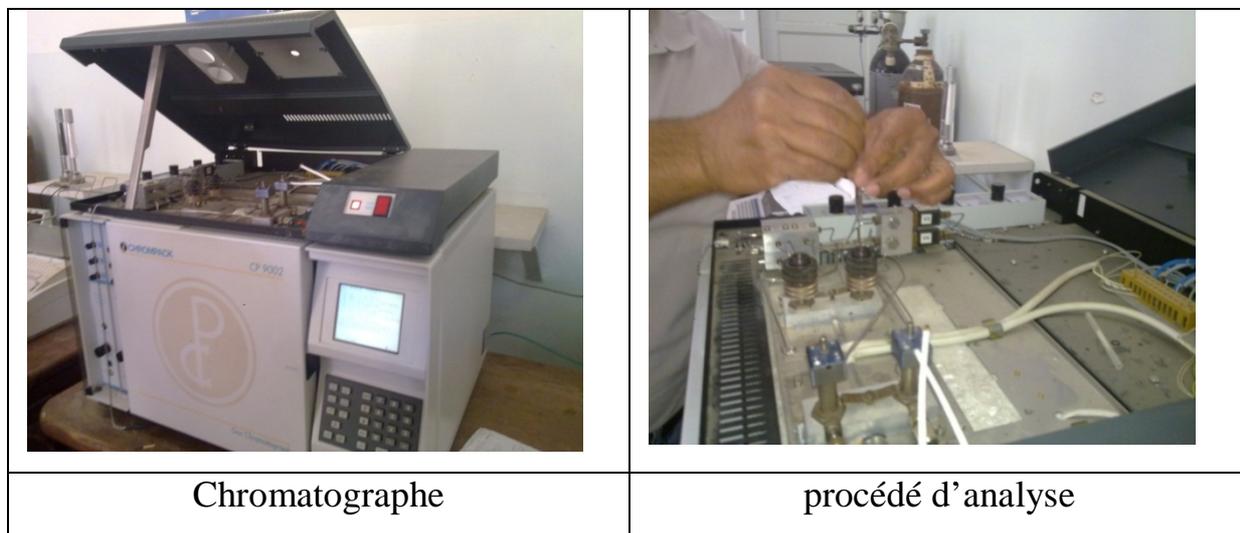


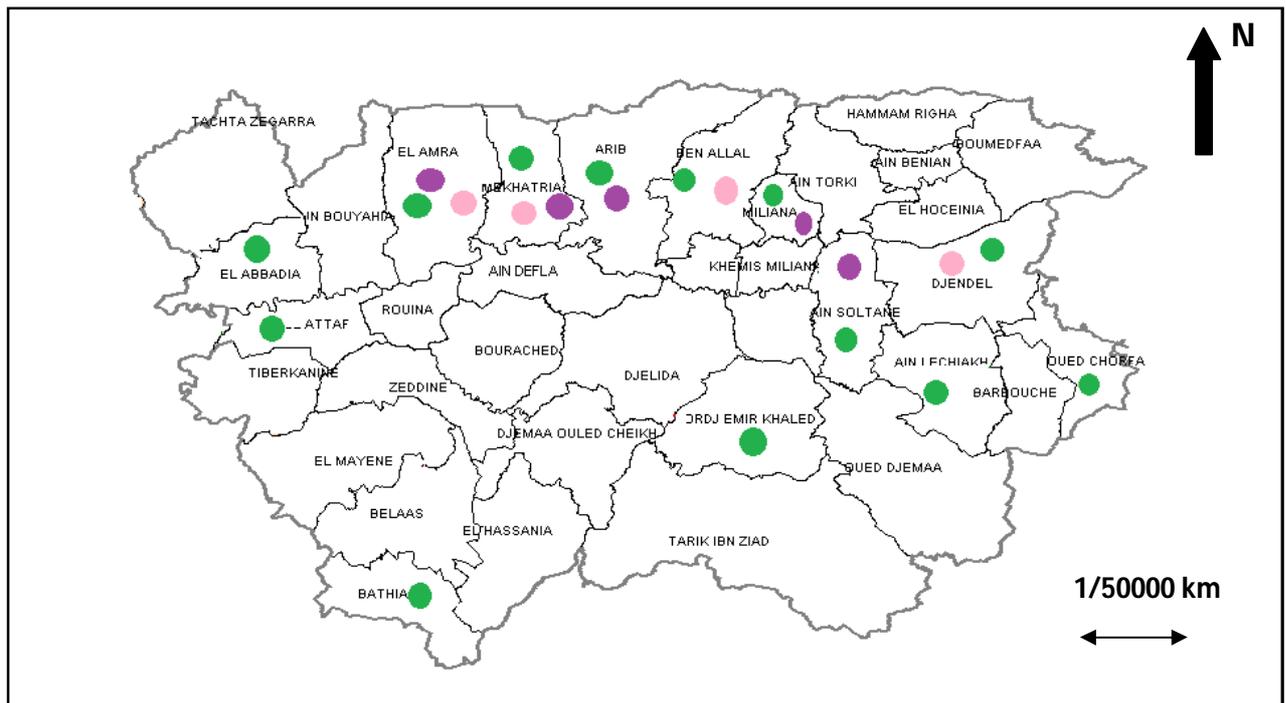
Figure 7 : chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse

## Résultats et discussions

### 1. Répartition de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut, *thymus ciliatus* et *thymus fontanesii* à travers la wilaya d'Ain Defla

La répartition de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut, *Thymus ciliatus* et *Thymus fontanesii* est non homogène (variable) à travers de la wilaya Ain Defla, cela est due principalement aux facteurs pédoclimatiques, étage bioclimatique semi-aride particularité du climat méditerranéen, caractérisé par un hiver froid et humide et un été chaud et sec la température moyenne hivernale est comprise entre 0°C et 6°C et celle estivale oscille entre 32°C et 40°C. Quant à la pluviosité moyenne annuelle, elle oscille entre 300 et 600 mm de pluies, avec cependant un pic de 800 mm enregistré aux monts de l'Ouarsenis.

Les terrains sont tendres, à prédominance marneuse dans le Dahra Zaccar, schisto-marneux à l'Ouarsenis avec altitude (Dahra 700m, Zaccar 1576m, Ouarsenis 1700m)



*Thymus fontanesii* ● *Thymus ciliatus* ● *Thymus algériensis* ●

**Figure 8:** Carte de répartition de *Thymus fontanesii*, *Thymus ciliatus*, *Thymus algériensis* Boiss. & Reut à travers la wilaya d'Ain Defla .

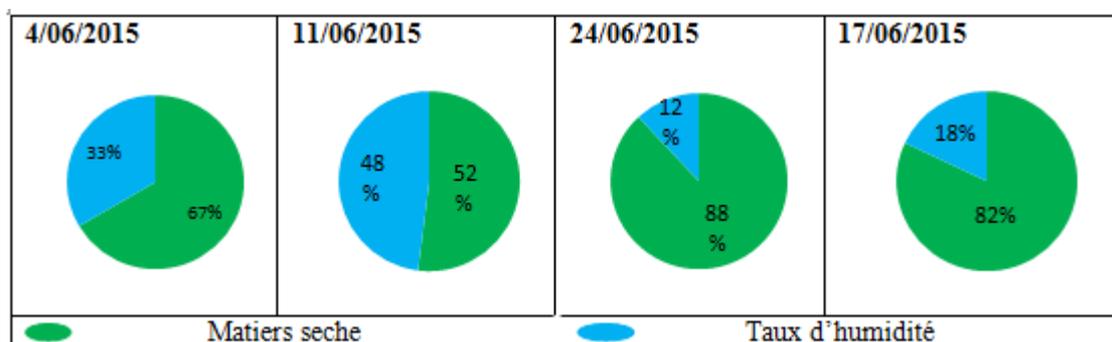
## Résultats et discussions

L'étude nous a permis de recenser 14 communes et 29 localités de répartition de trois espèces de thym de la famille *lamiacée* et d'identifier la nature et l'abondance des groupements végétaux existants et varient en fonction du climat, sol, relief et l'altitude.

Nous avons constaté que le thym est une plante très résistante qui pousse à l'état sauvage dans des sols arides, rocaillieux. L'exposition doit être plein soleil sur les sols bien drainés.

### 2. Détermination de taux de MS

Les plantes sont riches en eau, les analyses de nos échantillons de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut ont révélé un taux de MS important qui varie de 52% à 82% ces variations sont dues sous l'effet des conditions pédoclimatique annexe N°3. (fig 9)



**Figure 9: Teneur de MS de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut de la région de Mekhatria**

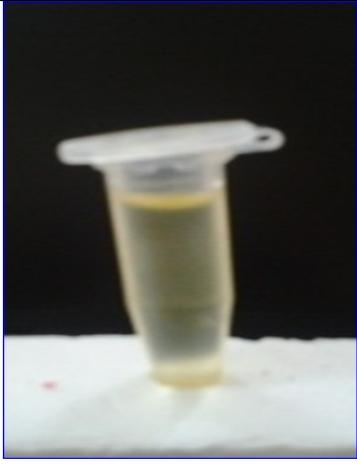
Le faible taux de MS dans la 2<sup>ème</sup> récolte « 52% » est dû de quelques facteurs climatiques tels qu'un taux d'humidité relative de l'air élevée 68% avec une température de 24,7°C. Par contre dans la 4<sup>ème</sup> récolte, la MS est élevée « 88% » est la cause d'un taux d'humidité très faible de 38% avec une température de 25,8°C.

### 3. Caractéristiques organoleptiques

Les seuls critères d'applications d'une huile essentielle étaient ses propriétés organoleptiques telles que le goût, la couleur, et l'odeur, ces propriétés ne donnent qu'une information très limitée sur cette essence. La qualité d'une essence et sa valeur commerciale sont définies par des normes fixées. Ces normes ont été établies par plusieurs organisations connues à l'échelle mondiale (AFNOR, ISO.....) en précisant les conditions opératoires des analyses, et en mettant au point des monographies pour la caractérisation des huiles essentielles les plus courantes. Après l'extraction, nous avons déterminé les caractères organoleptiques de notre huile essentielle et comparé avec ceux de norme **A F N O R. (2002)**.

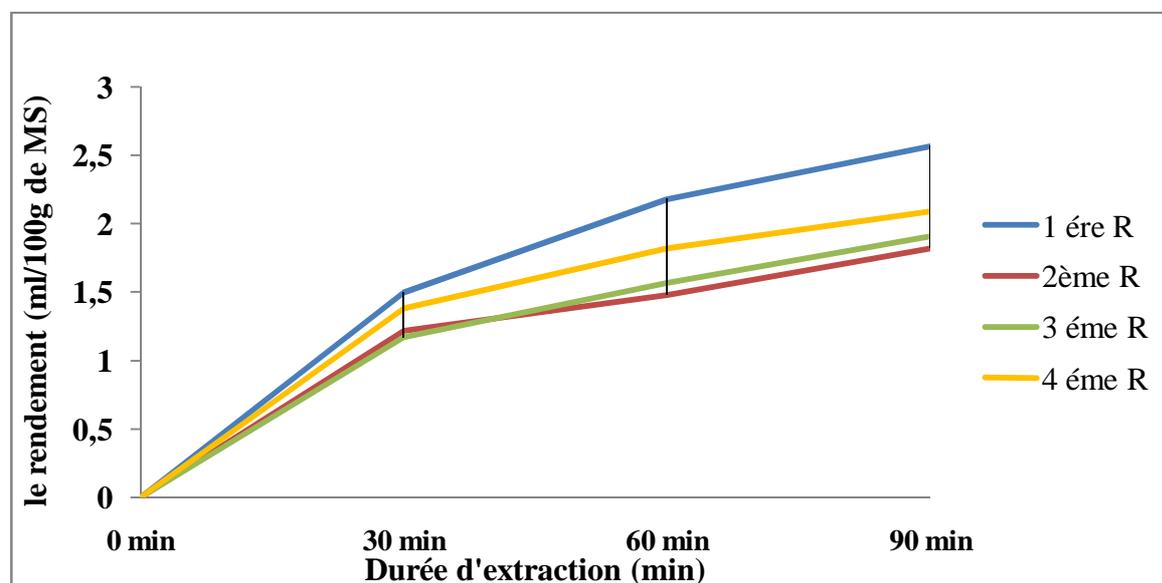
## Résultats et discussions

**Tableau 13:** Caractéristiques organoleptiques d'huile essentielle de *thymus algériensis* Boiss. & Reut.

| Caractéristiques | Normes (Afnor, 2000)             | Résultats obtenus |  |
|------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Aspect           | Liquide mobile et limpide        | Liquide           |                                                                                     |
| Couleur          | Jaune à brun rouge               | Jaune             |                                                                                     |
| Odeur            | Epicée rappelant celle du thymol | Epicée            |                                                                                     |

### 4. Cinétique d'extraction

La cinétique de l'extraction par hydro distillation de l'huile essentielle du thym a été effectuée dans le mois de juin, La détermination de l'évolution du rendement de l'huile du thym en fonction de la durée d'extraction est illustrée dans (annexe N°2). Le suivi cinétique accompli et l'évolution du rendement en fonction du temps est représenté dans le (Fig 10).



**Figure 10 :** représentation graphique de la cinétique d'extraction d'huile de *Thymus algériensis* Boiss. & Reut.

## Résultats et discussions

---

La cinétique d'extraction est composée de trois phases :

### 1<sup>ère</sup> Phase

La quantité d'huile extraite durant la première demi-heure dans les conditions d'extraction est la plus importante et varie entre 1.5%, 1.22%, 1.17% et 1.38% respectivement pour la 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et le 4<sup>ème</sup> récolte.

### 2<sup>ème</sup> Phase

Après 60 min dans les conditions d'extraction nous remarquons que les quantités extraites commencent à baisser de manière progressive qui varie entre 0.6%, 0.28%, 0.40% et 0.44% respectivement pour la 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et le 4<sup>ème</sup> Récolte. (Pentes de courbes moins raides).

### 3<sup>ème</sup> Phase

Après 90min dans les conditions d'extraction, sur la plupart des courbes nous observons un ralentissement encore plus important (pentes de plus en plus faibles), qui représente les quantités extraites après 90 min et varie entre 0.36%, 0.34%, 0.34% et 0.27% respectivement pour la 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et le 4<sup>ème</sup> Récolte

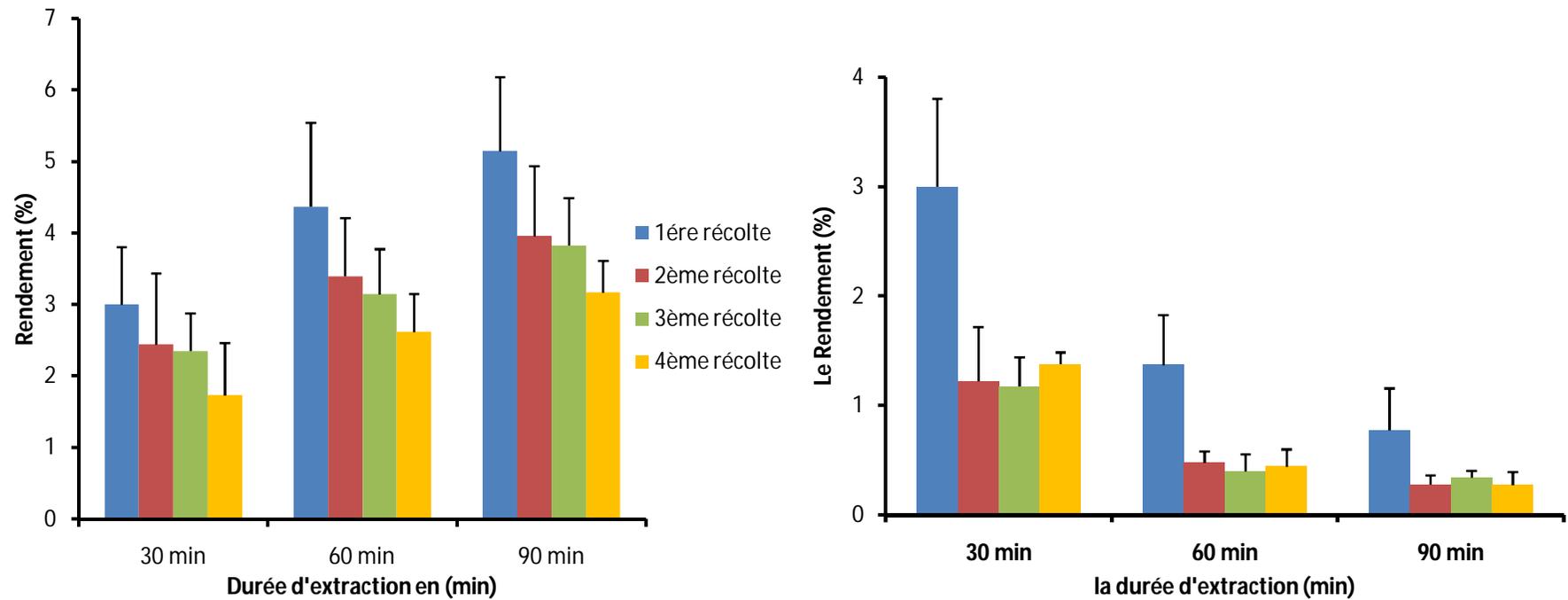
La quantité la plus élevée d'huile de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut extraite dans la première demi heure cela due à la disposition extérieure des cellules sécrétrice et les poils sécréteurs à la périphérie des calices floraux, des feuilles et des tiges chez les labiées (thym, sauge). **SCIMECA et TETAU (2005)**

Dans le cas que les structures sécrétrices sont superficielles, la membrane externe ou la cuticule qui constitue la seule barrière à la libération de l'HE, est vite rompue à ébullition. Les composés volatils sont aussitôt évaporés d'où la courte durée pour atteindre le pic cumulatif lors de l'extraction. **MOSTA(2006)**.

## Résultats et discussion

### 5. Rendement d'extraction

Le rendement en huiles essentielles est exprimé par la quantité d'huile (en %) obtenue par 100g de matière végétale sèche.



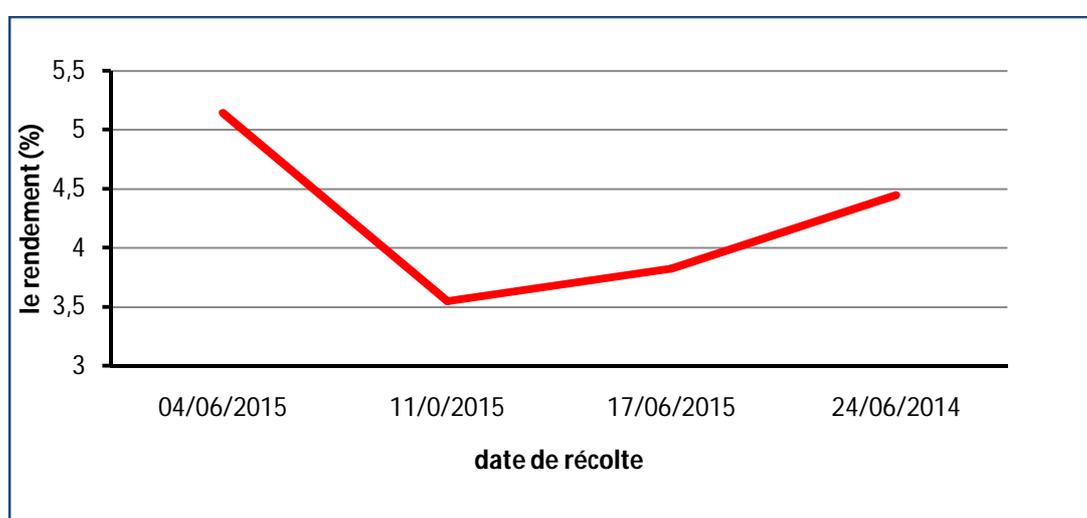
**Figure 11:** représentations graphiques de La variation de rendement globale d'huile essentielle en fonction de la durée d'extraction.

## Résultats et discussion

Durant la première demi-heure dans les conditions d'extraction nous remarquons que la quantité extraite est très importante **3%, 1.22%, 1.17%, 1.38%** respectivement de la 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et le 4<sup>ème</sup> récolte.

Après 30min à 60 min les quantités extraites commencent à baisser de manière progressive **1.37%, 0.74%, 0.39%, 0.44%** respectivement pour de la 1<sup>ère</sup> récolte, 2<sup>ème</sup> récolte, 3<sup>ème</sup> récolte et le 4<sup>ème</sup> récolte.

Après 60 à 90min sur la plupart des courbes nous observons un ralentissement encore plus important qui représente une quantité extraite de **0.77%, 0.28%, 0.34% et 0.27%** respectivement pour de la 1<sup>ère</sup> récolte, 2<sup>ème</sup> récolte, 3<sup>ème</sup> récolte et le 4<sup>ème</sup> récolte. (Pentes de plus en plus faibles).



**Figure 12:** représentations graphiques du rendement d'HE de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut.

Le rendement en huile essentielle extraite des feuilles sèches de nos échantillons de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut par un hydrodistillateur de type **CLEVENGER (1928)** varie entre (**5.145% ± 1.03**) de 1<sup>ère</sup> récolte à (**3.161% ± 0.44**) de la 2<sup>ème</sup> récolte, cette différence entre les deux rendements se rend de quelques conditions climatiques telle que la température et l'humidité relative de l'air, la deuxième récolte de 04/06/2015 caractérise par une température d'air de 24.7 °C qui est basse par rapport à la 1<sup>ère</sup> Récolte 25.2°C).

L'extraction que nous avons effectuée a été faite au mois de juin caractérisé par une photopériode optimale propice à la biosynthèse des huiles essentielles avec un rendement (**5.1% à 3.2%**), Les récoltes précoces durant le mois d'avril sont caractérisées par des faibles rendements (**2.5%**) **GIWALI et al (2013)** par rapport à ceux du mois de Mai (**2,96%**)

## Résultats et discussion

---

**ZIYYAD et al (2014)** ces derniers sont dus au fait que la plante n'ait pas suffisamment accompli son cycle pour extérioriser son potentiel. Ceci pourrait être attribué à la précocité des plantes récoltées au mois de Mars, Avril correspondant à la période végétative. Cela nous mènent à dire que la période de récolte aurait un impact sur le rendement.

Les différences obtenues au niveau des rendements des huiles de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut peuvent être attribuées à l'organe de la plante qui subit à l'extraction, nos rendement élevé exprimé par l'utilisation des fleurs et feuilles pendant l'extraction comparativement avec l'étude de **CHEMAT et al (2012)** utilise seulement les feuilles qui donnent un rendement de 1.45%.

### 6. Analyses chromatographiques et compositions chimiques (CPG)

#### 6.1. Compositions chimiques de 30 premières minutes d'huile de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut.

Les analyses chromatographiques des huiles essentielles de nos échantillons ont permis d'identifier 22 composés qui représentent environ 95.32% (tableau 14), La classe majeure, les monoterpènes (94,96%), les composés majoritaires des HEs extraites dans les 30 premières minutes de les 4 semaines sont les mêmes avec un légère différence entre les quantités des composants, principalement le carvacrol (44% à 55%), et  $\gamma$ -terpinène (9 à 12%) et p-Cymène (12 à 18%). Ces résultats différent avec ceux obtenus par **KSOURI et al (2015)** camphor (16.7%) 1,8 cineol (13.9%) et  $\alpha$ -pinene (13.6%), et **ZAYYAD et al, 2014**, qui trouve Thymol (37.78%), et  $\alpha$ -terpinène (15,13%), et **GIWALI et al 2013**, (Thymol 38.50%, p-cymene 8.91%) comme composants majoritaires.

L'analyse d'huile essentielle des premières 30 minutes d'extractions (tableau 14), nos échantillons de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut est composée principalement de carvacrole (43.87% à 54.66%), de P-Cymène (11,87 à 17,58 %) et  $\gamma$ -terpinène (9,06 à 12,56%) accompagnés d'autres constituants à des teneurs relativement faibles : Thymol (2,83 à 8,17%) et Linalol (3,68 à 4,27%) Cette composition chimique est différente de celle de l'HE de *thymus algeriensis* étudiée par **KSOURI et al (2015)** qui contient comme principaux constituants camphor (16.7%) 1,8 cineol (13.9%) et  $\alpha$ -pinene (13.6%) et par **ZAYYAD et al (2014)** qu'est caractérisée par un contenu très riche de composés phénoliques comme Thymol (37.78%), et  $\alpha$ -terpinène (15,13%), et **GIWALI et al (2013)**, (Thymol 38.50%, p-cymene 8.91%).

## Résultats et discussion

Un rapporte comparable avec qui cédant de la littérature dans le *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut **OUAKOUAK et al (2015)**, **HAZZIT et al (2009)** aussi bien que dans d'autre espèce de thymus : *Thymus Pallescens* « Carvacrol (42.9–44.1%), p-cymene (10–11%) » **HAZZIT et al (2013)**, *thymus munbyanus* « Carvacrol (35.2 %), thymol (18.5 %) » **BENCHABANE et al (2013)**, *Thymus vulgaris L* «thymol 65.3%, Carvacrole 5.4% » , **ASGAR et al 2014**, *Thymus zygis* «  $\gamma$ - Terpinène 29,7%, Thymol 37,5% » et *thymus bleicherianus* «  $\alpha$  -Terpinène 13.19%thymol 55.90% » **ZIYYAD et al (2014)**.

**Tableau 14 : composition chimiques d'huile de *thymus algeriensis* de première 30 min pour les 4 récoltes.**

| N°                                   | Composés               | TR <sup>a</sup> | Pr1                            | Pr2          | Pr3          | Pr4          |
|--------------------------------------|------------------------|-----------------|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                      |                        |                 | Concentration en (% peak area) |              |              |              |
| 1                                    | $\alpha$ -thujène      | 13.50           | 2,36                           | 2,72         | 1,95         | 2,32         |
| 2                                    | $\alpha$ -pinène       | 13.92           | 3,78                           | 4            | 1,96         | 2,87         |
| 3                                    | Camphène               | 14.75           | 0,03                           | 0,04         | 0,03         | 0,05         |
| 4                                    | Sabinène               | 16.70           | 0,18                           | 0,17         | 0,12         | 0,14         |
| 5                                    | $\beta$ -pinène        | 16.45           | 0,25                           | 0,12         | 0,25         | 0,3          |
| 6                                    | Myrcene                | 17.48           | 2,18                           | 2,32         | 1,75         | 1,93         |
| 7                                    | $\alpha$ -phellandrene | 18.27           | 0,3                            | 0,28         | 0,22         | 0,26         |
| 8                                    | Carène                 | 18.67           | 0,11                           | 0,11         | 0,1          | 0,12         |
| 9                                    | $\alpha$ -terpinène    | 19.16           | 2,06                           | 1,92         | 1,58         | 1,88         |
| 10                                   | P-Cymène               | 19.96           | 11,87                          | 17,58        | 12,49        | 17,13        |
| 11                                   | Limonène               | 20.21           | 0,98                           | 0,01         | 0,73         | 0,96         |
| 12                                   | $\gamma$ -terpinène    | 22.33           | 12,56                          | 11,66        | 9,06         | 10,49        |
| 13                                   | Linalol                | 25.25           | 4,27                           | 3,98         | 3,68         | 4,2          |
| 14                                   | Camphre                |                 | Trace                          | Trace        | Trace        | Trace        |
| 15                                   | Bornéol                | 29.70           | 0,34                           | 0,32         | 0,3          | 0,29         |
| 16                                   | Menthol                | 30.53           | 0,4                            | 0,47         | 0,44         | 0,74         |
| 17                                   | $\alpha$ -Terpèneol    | 31.56           | 0,07                           | 0,04         | 0,05         | 0,08         |
| 18                                   | Thymol                 | 39.00           | 8,17                           | 4,06         | 5,66         | 2,83         |
| 19                                   | Carvacrol              | 40.55           | 45                             | 43,87        | 54,66        | 48,37        |
| 20                                   | Eugenol                | 42.94           | 0,04                           | 0,13         | 0,01         | 0,04         |
| 21                                   | Acetate de Geranyl     | 43.65           | 0,015                          | 0,07         | 0,02         | 0,02         |
| 22                                   | $\beta$ -Caryophellene | 54.92           | 0,35                           | 0,14         | 0,19         | 0,18         |
| <b>Monoterpènes</b>                  |                        |                 | <b>94,96</b>                   | <b>93,87</b> | <b>95,06</b> | <b>95,02</b> |
| <b>Sesquiterpènes</b>                |                        |                 | <b>0,35</b>                    | <b>0,14</b>  | <b>0,19</b>  | <b>0,18</b>  |
| <b>Total des composés identifiés</b> |                        |                 | <b>95,32</b>                   | <b>94,01</b> | <b>95,25</b> | <b>95,20</b> |

## Résultats et discussion

---

### 6.2. Composition chimiques d'huile de *thymus algeriensis* apres 30, 60, 90 min d'extraction

D'après les résultats présentés dans le tableau 15, Les différents échantillons analysés des huiles essentielles de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut après 30, 60, 90 min d'extraction montrent bien l'influence de durée d'extraction sur le taux des principaux composants de huile essentielle. La comparaison des trois dureé d'extraction de thym montre un polymorphisme au niveau de la composition chimique avec un composé majoritaire en commun qui est le carvacrol. La composition chimique de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut est marquée par la présence du carvacrol (**41,93 à 78,5%**),  $\gamma$ -terpinène (25,96 à 9.56%), *P*-Cymène (**6,97 à 1,54 %**) et  $\alpha$ -pinène (**5,01 à 1,58 %**) comme constituants majoritaires.

On observe également que le taux de carvacrol augmente avec le temps d'extraction a l'inverse des autre composants comme  $\gamma$ -terpinène, *P*-Cymène, et le et  $\alpha$ -pinène. Par ailleurs, ces 4 composants présentent des corrélations deux à deux entre eux **BELKAMEL et al (2013)**. En effet, on constate que lorsque la somme des concentrations du  $\gamma$ -terpinène et du p-cymène augmente, ce sont les phénols, à savoir la somme des concentrations du thymol et du carvacrol qui diminue et vis versa. D'après ces résultats, on constate un rapport parfait de biosynthèse entre les 4 éléments (pris deux à deux).

**RUSSO et al (1998)** indiquent que dans le cas des composés phénoliques (thymol et carvacrol), la voie métabolique se fait par l'aromatisation du  $\gamma$ -terpinène en p-cymène, suivie de l'hydroxylation enzymatique du p-cymène en thymol, carvacrol. Selon **POULOSE et CROTEAU (1978)** le  $\gamma$ -terpinène et le p-cymène sont les précurseurs biogénétiques (via une hydroxylation enzymatique) des deux terpènes phénoliques, le thymol et son isomère le carvacrol.

## Résultats et discussion

Tableau 15 : composition chimiques d'huile de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut de 30, 60, 90 min d'extraction.

| N°                                    | Composés               | TR <sup>a</sup> | 30 min                         | 60min        | 90min        |
|---------------------------------------|------------------------|-----------------|--------------------------------|--------------|--------------|
|                                       |                        |                 | Concentration en (% peak area) |              |              |
| 1                                     | $\alpha$ -thujène      | 13.50           | 2,64                           | 1,36         | 0,87         |
| 2                                     | $\alpha$ -pinène       | 13.92           | 5,01                           | 2,91         | 1,58         |
| 3                                     | Camphène               | 14.75           | 0,1                            | 0,1          | 0,04         |
| 4                                     | Sabinène               | 16.70           | 0,09                           | 0,1          | 0,05         |
| 5                                     | $\beta$ -pinène        | 16.45           | 0,24                           | 0,16         | 0,16         |
| 6                                     | Myrcène                | 17.48           | 2,92                           | 1,67         | 0,97         |
| 7                                     | $\alpha$ -phellandrene | 18.27           | 0,28                           | 0,2          | 0,11         |
| 8                                     | Carène                 | 18.67           | 0,08                           | 0,07         | 0,04         |
| 9                                     | $\alpha$ -terpinène    | 19.16           | 2,72                           | 1,61         | 0,93         |
| 10                                    | <i>P</i> -Cymène       | 19.96           | <b>6,97</b>                    | <b>2,95</b>  | <b>1,54</b>  |
| 11                                    | Limonène               | 20.21           | 1,1                            | 0,7          | 0,32         |
| 12                                    | $\gamma$ -terpinène    | 22.33           | <b>25,96</b>                   | <b>15,94</b> | <b>9,56</b>  |
| 13                                    | Linalol                | 25.25           | 3,09                           | 1,52         | 1,12         |
| 14                                    | Bornéol                | 29.70           | 0,11                           | 0,09         | 0,03         |
| 15                                    | Menthol                | 30.53           | 0,14                           | 0,08         | 0,03         |
| 16                                    | Thymol                 | 39.00           | <b>0,4</b>                     | <b>0,12</b>  | <b>0,38</b>  |
| 17                                    | Carvacrol              | 40.55           | <b>41,93</b>                   | <b>67,49</b> | <b>78,5</b>  |
| 18                                    | $\beta$ -Caryophellene | 54.92           | 0,17                           | 0,41         | 0,31         |
| <b>Monoterpènes</b>                   |                        |                 | <b>93,78</b>                   | <b>97,07</b> | <b>96,23</b> |
| <b>Sesquiterpènes</b>                 |                        |                 | <b>0,17</b>                    | <b>0,41</b>  | <b>0,31</b>  |
| <b>Totale des composés identifiés</b> |                        |                 | <b>93,95</b>                   | <b>97,48</b> | <b>96,54</b> |

## Conclusion

---

Cette étude préliminaire contribue à la connaissance de la flore de la Wilaya d'Ain Defla. En particulier genre thymus.

L'étude nous a permis de recenser, de localiser, les trois espèces de la famille lamiacée (*Thymus fontanesii* L., *Thymus ciliatus* L. et *Thymus algériensis* Boiss. & Reut) par l'élaboration d'une carte de répartition de ces espèces. Ces résultats sont indispensables soit pour élaborer une étude d'impact pour une filière locale de distillerie et d'extraction de ces plantes de la famille lamiacée et/ou pour tout programme d'amélioration des espèces végétales et de l'abeille.

A cet effet, nous voyons que ce travail reste toujours insuffisant, et nécessite une étude détaillée et approfondie pour connaître réellement le rendement et la composition de ces huiles essentielles.

Le meilleur rendement (**3.16 à 5.15%**) est obtenu durant le mois juin pour l'espèce *Thymus algériensis* L. caractérisé par une photopériode optimale propice à la biosynthèse des huiles essentielles, en plus il coïncide avec la période de floraison de la plante durant laquelle la plante dégage les huiles essentielles pour attirer les insectes pollinisateurs. Plus de 73% (73.19 à 93.06%) des huiles essentielles sont libérés dans les 60 premières minutes.

Les huiles essentielles présentent une très grande variabilité, tant sur le plan de leur composition que sur leur rendement. Cette variabilité est fondamentale car les activités qui découlent des huiles essentielles peuvent être très différentes. Celle-ci peut être expliquée par différents facteurs liés à l'espèce végétale, le type (spontané ou cultivée), la matière végétale, la période de récolte ainsi que les conditions climatiques tel la température de sol (26.6°C /100cm) et d'air (24.7 à 25.2°C).

Vingt deux composés sont identifiés par CPG/SM. Les composés majoritaires sont le carvacrol, *p*-cymène,  $\gamma$ -terpinène et Linalol, ce qui représente **78.87%** (77.17 à 81,87%) de la totalité des constituants. Cette composition se caractérise principalement par la présence de carvacrol comme composé majoritaire, caractérisé par ces propriétés antimicrobiennes, antioxydant et acaricide.

En fin, nous pouvons avancer, au terme de notre travail que l'huile essentielle extraite de *Thymus algériensis* Boiss. & Reut est de **chémo-type carvacrol**.

## Conclusion

---

Notre travail doit être complété par d'autres études touchant :

- 1- l'aspect pratique de ces huiles essentielles afin de mieux valoriser les résultats obtenus et de connaître éventuellement les effets des principaux constituants chimiques des huiles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut.
- 2- quantifier et d'identifier la nature et l'abondance des groupements végétaux existants et varier en fonction du climat, sol, relief et altitude.

## Les annexes

### Annexe N°1:

**Tableau : Teneur en humidité de *Thymus algeriensis* L. de la région de Mekhatria**

| <i>Thymus algeriensis</i> L. Région Mekhatria |                      |           |           |            |                    |
|-----------------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|------------|--------------------|
|                                               | la matière sèche (g) |           |           |            | matière fraîche(g) |
| 1 <sup>ère</sup> récolte                      | échant 01            | échant 02 | échant 03 | moyenne    |                    |
|                                               | 0,66                 | 0,88      | 0,5       | 0,68       | 73,52              |
| 2 <sup>ème</sup> récolte                      | échant 01            | échant 02 | échant 03 | moyenne    |                    |
|                                               | 0,53                 | 0,5       | 0,52      | 0,51666667 | 98                 |
| 3 <sup>ème</sup> récolte                      | échant 01            | échant 02 | échant 03 | moyenne    |                    |
|                                               | 0,81                 | 0,81      | 0,84      | 0,82       | 61                 |
| 4 <sup>ème</sup> récolte                      | échant 01            | échant 02 | échant 03 | moyenne    |                    |
|                                               | 0,82                 | 0,89      | 0,92      | 0,87666667 | 57,47              |

## Les annexes

### ANNEXE N°2 :

Tableau : Les quantités des huiles extraite au fonction de temps.

| Le temps                 | P 01  | P 02  | P 03  | P 04  | X ± σ     |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| 1 <sup>ère</sup> Récolte |       |       |       |       |           |
| 30 min                   | 1.93  | 1.22  | 1.75  | 1.1   | 1.5±0.35  |
| 60min                    | 1.02  | 0.51  | 0.59  | 0.62  | 0.68±0.20 |
| 90 min                   | 0.22  | 0.25  | 0.45  | 0.63  | 0.39±0.16 |
| Totale                   | 3.17  | 1.98  | 2.79  | 2.35  | 2.57±0.45 |
| Rendement                | 6.34% | 3.96% | 5.58% | 4.70% | 5.14%     |
| 2 <sup>ème</sup> Récolte |       |       |       |       |           |
| 30min                    | 1.24  | 0.51  | 1.6   | 1.53  | 1.22±0.43 |
| 60min                    | 0.54  | 0.59  | 0.4   | 0.38  | 0.28±0.22 |
| 90min                    | 0.29  | 0.16  | 0.34  | 0.33  | 0.34±0.09 |
| Totale                   | 1.26  | 1.26  | 2.34  | 2.24  | 1.77±0.52 |
| Rendement                | 2.52% | 2.52% | 4.68% | 4.48% | 3.54%     |
| 3 <sup>ème</sup> Récolte |       |       |       |       |           |
| 30min                    | 1.19  | 0.8   | 1.4   | 1.31  | 1.17±0.23 |
| 60 min                   | 0.17  | 0.46  | 0.53  | 0.43  | 0.40±0.14 |
| 90 min                   | 0.41  | 0.26  | 0.33  | 0.36  | 0.34±0.05 |
| Totale                   | 1.77  | 1.52  | 2.26  | 2.1   | 1.91±0.08 |
| Rendement                | 3.54% | 3.04% | 4.52% | 4.20% | 3.82%     |
| 4 <sup>ème</sup> Récolte |       |       |       |       |           |
| 30 min                   | 1.42  | 1.51  | 1.28  | 1.31  | 1.38±0.09 |
| 60 min                   | 0.25  | 0.57  | 0.38  | 0.57  | 0.44±0.13 |
| 90 min                   | 0.12  | 0.39  | 0.26  | 0.33  | 0.27±0.1  |
| Totale                   | 1.79  | 2.47  | 1.92  | 2.21  | 2.1±0.26  |
| Rendement                | 3.58% | 4.94% | 4.84% | 4.42% | 4.2%      |

## Les annexes

### Annexe N°3 :

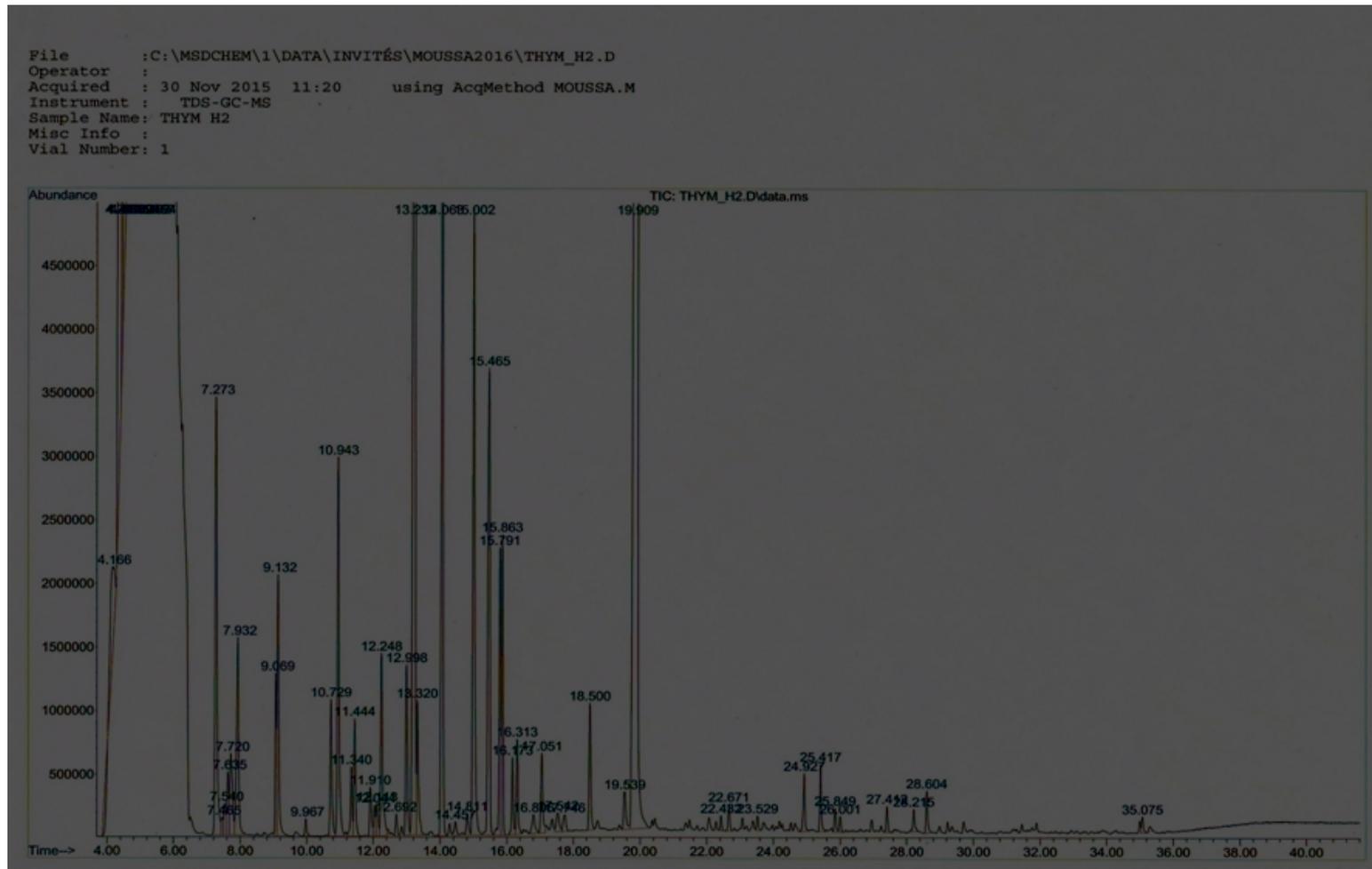
Tableau : les données météorologiques de le mois de juin 2015 (ONM, 2016)

| Jours | Température de l'air | Température de sol (°C /100cm) | Humidité relative (%) | Insolation (h) | Précipitation ml/h |
|-------|----------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------|--------------------|
| 01    | 23.1                 | 23.5                           | 59                    | 02.6           | /                  |
| 02    | 21.4                 | 23.5                           | 49                    | 13.4           | /                  |
| 03    | 25.4                 | 23.6                           | 48                    | 07.5           | /                  |
| 04    | 25.2                 | 23.7                           | 55                    | 05.2           | /                  |
| 05    | 25.9                 | 24.0                           | 49                    | 13.2           | /                  |
| 06    | 26.2                 | 24.4                           | 43                    | 13.4           | /                  |
| 07    | 24.4                 | 24.5                           | 46                    | 11.5           | /                  |
| 08    | 25.2                 | 24.7                           | 56                    | 11.4           | /                  |
| 09    | 26.4                 | 24.9                           | 57                    | 12.0           | /                  |
| 10    | 27.6                 | 25.2                           | 56                    | 11.6           | /                  |
| 11    | 24.7                 | 24.6                           | 68                    | 04.0           | /                  |
| 12    | 23.8                 | 25.7                           | 61                    | 08.4           | /                  |
| 13    | 23.1                 | 25.5                           | 52                    | 10.1           | /                  |
| 14    | 22.7                 | 25.7                           | 52                    | 08.2           | 0.02               |
| 15    | 22.5                 | 25.9                           | 62                    | 08.8           | /                  |
| 16    | 22.5                 | 25.9                           | 52                    | 11.3           | /                  |
| 17    | 22.0                 | 25.9                           | 57                    | 08.6           | 0.007              |
| 18    | 25.4                 | 25.9                           | 49                    | 11.9           | /                  |
| 19    | 26.5                 | 25.9                           | 44                    | 11.6           | /                  |
| 20    | 26.3                 | 25.9                           | 42                    | 11.6           | /                  |
| 21    | 28.1                 | 26.3                           | 34                    | 12.2           | 0.027              |
| 22    | 30.4                 | 26.4                           | 31                    | 09.5           | /                  |
| 23    | 27.3                 | 26.5                           | 42                    | 08.1           | /                  |
| 24    | 25.8                 | 26.9                           | 38                    | 20.6           | /                  |
| 25    | 24.7                 | 27.1                           | 48                    | 12.3           | /                  |
| 26    | 26.0                 | 27.1                           | 34                    | 13.4           | /                  |
| 27    | 28.5                 | 27.3                           | 36                    | 12.3           | /                  |
| 28    | 30.7                 | 27.3                           | 34                    | 12.3           | /                  |
| 29    | 31.9                 | 27.6                           | 39                    | 11.8           | /                  |
| 30    | 33.2                 | 27.9                           | 32                    | 11.5           | /                  |

# Les annexes

## Annexe N°4

L'analyse chromatographique de *thymus algeriensis* Boiss. & Reut



Références

bibliographique

## Références bibliographique

---

- ABOBAKR M, MAHMOUD R MAHMOUD A, ABOBAKR FA, FADL G, GAD M. (2016)** Antibacterial Activity of Essential Oils and in Combination with Some Standard Antimicrobials against Different Pathogens Isolated from Some Clinical Specimens. American Journal of Microbiological Research Vol. 4, No. 1, 2016, pp 16-25. doi: 10.12691/ajmr-4-1-2
- ABRAMSON C I, WANDERLEY P A, WANDERLEY M J A, SILVA J C R and MICHALUK L M (2007).** The Effect of essential oils of sweet fennel and pignut on mortality and learning in Africanized Honeybees (*Apis mellifera* L.) (Hymenoptera: Apidae) *Neotropical Entomology* 36 (6), pp. 828-835.
- AFNOR (1986).** Recueil des Normes Françaises « huiles essentielles », AFNOR. Paris. (1986) 57p.
- AFNOR (2000).** Huiles essentielles. Echantillonnage et méthodes d'analyse (Tome 1) – Monographies relatives aux huiles essentielles (Tome 2. Volumes 1 et 2).
- AIT-OUAZZOU A, LORAN S, BAKKALI M, LAGLAOUI A, ROTA C, HERRERA A, PAGANA R and CONCHELLOA P (2011).** Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Thymus algeriensis*, *Eucalyptus globulus* and *Rosmarinus officinalis* from Morocco DOI 10.1002/jsfa.4505 *J Sci Food Agric* 2011; **91**: 2643–2651.
- AIT-OUAZZOU A, LORÁN S, ARAKRAK A, LAGLAOUI A, ROTA C, HERRERA A, PAGÁN R, CONCHELLO P (2012).** Evaluation of the chemical composition and antimicrobial activity of *Mentha pulegium*, *Juniperus phoenicea*, and *Cyperus longus* essential oils from Morocco. *Food Research International*, 45: 313-319.
- ALAIS C, LINDEN G et MICLO L (2008).** Biochimie alimentaire, DUNOD. 6ème édition, paris. pp. 67-71
- AMARTI F, SATRANI B, GHANMI M, FARAH A, AAFI A, AARAB L, EL-AJJOURI M and CHAOUCH A (2010).** Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. du Maroc. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 14 (1), 141–148.
- AMARTI F, EL AJJOURI M, GHANMI M, SATRANI B, AAFI A, FARAH A, KHIA A, GUEDIRA A, RAHOUTI M, CHAOUCH A (2011).** Composition chimique, activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle de *Thymus zygis* du Maroc *Journal Phytothérapie* DOI 10.1007/s10298-011-0625-6 Print ISSN 1624-8597
- AOAC (1990).** Official Methods of Analysis, 15th ed. Washington DC:AOAC777.
- APROTOSOAI E A C, SPAC A D, HANCIANU M, MIRON A, TANASESCU V F, DORNEANU V and STANESCU U (2010).** The chemical profile of essential oils obtained from fennel fruits (*Foeniculum vulgare* Mill.). *FARMACIA*, Vol. 58 (1); pp. 46-54.
- AMDAM GV, HARTFELDER K, NORBERG K, HAGEN A, OMHOLT SW (2004).** Altered physiology in worker honey bees (Hymenoptera: Apidae) infested with the mite

## Références bibliographique

---

**ARAYA H T, SOUNDY P & STEYN JM (2011).** Liming improves herbage yield, essential oil yield and nutrient uptake of rose-scented geranium (*Pelargonium capitatum*×*P. radens*) on acidic soils DOI:10.1080/01140671.2011.565060 pages 175-186 New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science Volume 39, Issue 3, 2011.

**ASGAR E, SENDI J J, ALIAKBAR A and RAZMJOU J (2014).** Chemical Composition and Acaricidal Effects of Essential Oils of *Foeniculum vulgare* Mill. (Apiales: Apiaceae) and *Lavandula angustifolia* Miller (Lamiales: Lamiaceae).

**AWOL M, BERHANU Y, ALEMNESH T and SOLOMON T (2016).** In Vitro Antimicrobial Activity of Essential Oil of *Thymus schimperi*, *Matricaria chamomilla*, *Eucalyptus globulus*, and *Rosmarinus officinalis* International Journal of Microbiology Volume 2016 (2016), Article ID 9545693, 8 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2016/9545693>.

**BAHREININEJAD B, RAZMJOO J & MIRZA M (2014).** Effect of Water Stress on Productivity and Essential Oil Content and Composition of *Thymus carmanicus* Journal of Essential Oil Bearing Plants Volume 17, Issue 5, 2014 DOI: 10.1080/0972060X.2014.901605 pages 717-725.

**BAKKALI F, AVERBECK S, AVERBECK D, REVIEW MI (2008).** Biological effects of essential oils- A review Food and Chemical Toxicology; Vol. 46; pp 446–475.

**BAYDAR H, SAGDIC O, OZKAN G, and KARADOGAN T (2004).** Antibacterial activity and composition of essential oils from *Origanum*, *Thymbra* and *Satureja* species with commercial importance in Turkey. *Food Control* 15: pp.169-172.

**BEIRÃO A R B and BERNARDO-GIL M G (2006).** Antioxidants from *Lavandula luisieri*. 2<sup>nd</sup> Mercosur Congress on Chemical Engineering. Portugal; 8p.

**BELKAMEL A, BAMMI, BELKAMEL A et DOUIRA A (2013).** Etude de la composition chimique de l'huile essentielle d'une endémique Ibéro-marocaine: *Origanum compactum* (Benth.) Journal of Animal & Plant Sciences, 2013. Vol.19, Issue 1: 2880-2887 Publication date 2/9/2013, <http://www.m.elewa.org/JAPS>; ISSN 2071-7024 2880

**BENAYAD N (2008).** Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales marocaines : moyen efficace de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Université Mohammed V – Agdal. Rabat, 63p.

**BENCHABANE O, HAZZIT M, BAALIOUAMER A & MOUHOUCHE F (2013).** Analysis and Antioxidant Activity of the Essential Oils of *Ferula vesceritensis* Coss. et Dur and *Thymus munbyanus* Desf Informa Ltd Registered in England and Wales Registered Number: 1072954 Registered office: Mortimer House, 37-41 Mortimer Street, London W1T 3JH, UK Journal of Essential Oil Bearing Plants.

**BENINI C (2007).** Contribution à l'étude de la diversification de la production d'huiles essentielles aux Comores. *Mémoire d'ingénieur*. Université Gembloux, 109 p.

## Références bibliographique

---

- BESOMBES C (2008).** Contribution à l'étude des phénomènes d'extraction hydrothermomécanique d'herbes aromatiques. Applications généralisées. *Thèse de doctorat*. Université de La Rochelle, 289p.
- BONNET ALVES L (2002).** Chémotypes ou race chimique. Aromathérapie/ Fiches individuelles des huiles essentielles. Article thym. *Documentation Florilab Aromathérapie*. [www.aromalves.com](http://www.aromalves.com).
- BOUHDID S, IDAOMAR M, ZHIRI A, BOUHDID D, SKALI N S, ABRINI J (2006).** Thymus essential oils: chemical composition and in vitro antioxidant and antibacterial activities. *Biochimie, Substances Naturelles et environnement, Congrès International de biochimie, Agadir*. 324-327
- BOUKHATEM M N, FERHAT M A, KAMELI A, SAIDI F, TAIBI H and TEFFAHI D (2014).** Valorisation de l'essence aromatique du Thym (*Thymus vulgaris* L.) en aromathérapie anti-infectieuse (Potential application of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil as antibacterial drug in aromatherapy). *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324 Vol. 8 No. 4 Oct. 2014, pp. 1418-1431 2014 Innovative Space of Scientific Research Journals.
- BOUNATIROU S, SMITI S, MIGUEL M G, FALEIRO L, REJEB M N, NEFFATI M, COSTA M M, FIGUEIREDO A C, BARROSO J G, PEDRO L G (2007).** Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of the essential oils isolated from Tunisian *Thymus capitatus* Hoff. et Link. *Food Chemistry* 105 (2007) 146 –155 [www.elsevier.com/locate/foodchem](http://www.elsevier.com/locate/foodchem).
- BOUTEKEDJIRET C, BELABBES R, BENTAHAR F, BESSIÈRE J M, et REZZOUG S A (2004).** Isolation of rosemary oils by different processes. *J. Essent. Oil Res*, Vol. 16, pp : 195–199.
- BRUNETON J (1999).** «Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition». Ed. TEC et DOC, Paris. 50 p.
- CHEMAT S, LAGHA A, AIT AMAR H, BARTELS P V and CHEMAT F (2004)a.** Comparison of conventional and ultrasound-assisted extraction of carvone and limonene from caraway seeds. *Flavour and Fragrance Journal*, Vol. 19, pp : 188 – 195.
- CHEMAT S ,CHERFOUH R, MEKLATI B Y & BELANTEUR K (2012).** composition and microbial activity of thyme (*Thymus algeriensis genuinus*) essential oil ISSN: 1041-2905 (Print) 2163-8152 (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/tjeo20>.
- CHIKHOUNE A, HAZZIT M, KERBOUCHE L, BAALIOUAMER A & AISSAT K, (2013).** *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters essential oils: chemical composition and biological activities DOI: 10.1080/10412905.2013.774625 *Journal of Essential Oil Research* Volume 25, Issue 4, 2013 pages 300-307, <http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2013.774625>.
- CHOWDHURY J U, MOBAROK H, BHUIYAN N I and NANDI N C (2009).** Constituents of essential oils from leaves and seeds of *Foeniculum vulgare* Mill. Cultivated in bangladesh. *Bangladesh J. Bot.* 38(2): pp.181-183.
- CICILE J C (2002).** Distillation. Absorption Etude pratique. *Techniques de l'ingénieur* J 2610 pp 1-20.

## Références bibliographique

---

- CLEVINGER J F (1928)**. Apparatus for the determination of volatile oil. *J. Am. Pharm. Assoc.*, **17**, 336-341.
- DASHTI G N, MIRLOHI M DASHTI M G, JAFARI M and ESFAHANI N B (2015)**. Antioxidant Effect of Thyme Essential Oil on Oxidative Stability of Chicken Nuggets *International Journal of Food Engineering Vol. 1, No. 2, December 2015*
- DEGRYSE A C, DELFA I et VOINIER M A (2008)**. Risques et bénéfices possibles des huiles essentielles. Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique. (2008). 94, 8-11.
- DERWICHE, BENZIANE Z and BOUKIR A (2010)**. Chemical Composition of Leaf Essential Oil of *Juniperus phoenicea* and Evaluation of its Antibacterial Activity antibacterial activity. *Int. J. Agric. Biol.*, 12: 199–204
- DIMITRIJEVIC S I, MIHAJLOVSKI K R, ANTONOVIC D G, MILANOVIC-STEVANOVIC M R, MIJINA D Z (2007)**. Food chemistry Journal, 104 :774-782
- DONGMO P M J, TCHOUMBOUNANG F, NDONGSON B, AGWANANDE W, SANDJON B, ZOLLO P H A & MENUT C (2010)**. Chemical characterization, antiradical, antioxidant and anti-inflammatory potential of the essential oils of *Canarium schweinfurthii* and *Aucoumea klaineana* (Burseraceae) growing in Cameroon. *Agric. Biol. J. N. Am.*, 1 (4): pp. 606-611.
- EL AJJOURI M, GHANMI M, SATRANI B, AMARTI F, RAHOUTI M, AAFI A, ISMAILI M R & FARAH A (2010)**. Composition chimique et activité antifongique des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. contre les champignons de pourriture du bois, *Acta Botanica Gallica*, 157:2, 285-294, DOI: 10.1080/12538078.2010.10516206
- EL-AKHAL F, GRECHE H, OUZZANI C F, GUEMMOUH R, EL OUALI A. L (2015)**, Composition chimique et activité larvicide sur *Culex pipiens* d'huile essentielle de *Thymus vulgaris* cultivées au Maroc Chemical composition and larvicidal activity of *Culex pipiens* essential oil of *Thymus vulgaris* grown in Morocco *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (1) (2015) 214-219 El-Akhal et al ISSN : 2028-2508 CODEN: JMESC 214.
- ESSAWI T et SROUR M (2000)**. *Journal Of Ethnopharmacology*, **70**: 343-349.
- FALEIRO M F, MIGUEL M G, VENANCIO F, TAVEARES R, BRITO GT , FIGUEIREDO A C, PEDRO L G (2003)**. Antibacterial activity of the essential oils from Portuguese endemic spices of *thymus*. *Letter in applied Microbiology*, 2003; 36-40.
- FELLAH S. ROMDHANE M, ABDERRABA A (2006)**. *J.Soc.Alger.Chim.* 16 : 193-202.
- FRANCHOMME P (2003)**. La science de l'aromathérapie. *Aromathéca*, 1(1, 2).
- FODA M I, EL-SAYED M A, HASSAN A A, RASMY N M and EL-MOGHAZY M M (2010)**. Effect of spearmint essential oil on chemical composition and sensory properties of white cheese. *Journal of American Science*; 6 (5) : pp. 272-280.

## Références bibliographique

---

**GACHKAR L, YADEGARI D, REZAEI M B, TAGHIZADEH M, ASTANEH S A and RASOOLI I (2007).** Chemical and biological characteristics of *Cuminum cyminum* and *Rosmarinus officinalis* essential oils. *Food Chem.*, 102: pp.898-904.

**GHASEMI P A, RAHIMI E & MOOSAVI S A (2010).** Antimicrobial activity of essential oils of three herbs against *Listeria monocytogenes* on chicken frankfurters. *Acta agriculturae Slovenica*, 95-3, pp.219-223.

**GHERMAN C, CULEA M, COZAR O (2000).** Comparative analysis of some active principles of herb plants by GC/MS. 53 :253-62

**GHESTEM A, SEGUIN E, PARIS M et ORECCHIONI A M (2001).** «Le préparateur en pharmacie». Guignard J.L., Cosson L. et Henry M. (1985) - Abrégé de phytochimie. Ed. Masson Paris, pp: 155-174.

**GIORDANI R, HADEF Y, KALOUSTIAN J (2008).** Compositions and antifungal activities of essential oils of some Algerian aromatic plants *Fitoterapia* 79 (2008) 199–203 [www.elsevier.com/locate/fitote](http://www.elsevier.com/locate/fitote).

**GIWELI A A, DZAMIC A M, SOKOVIC M D, RISTIC M S and MARIN P D (2013).** Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of essential oil of *Thymus algeriensis* wild-growing in Libya. *Cent., Eur. J. Bot*, 8, 504 – 511.

**GOMES P B, MATA V G, RODRIGUES A E (2004).** « Characterization of Portuguese grown geranium oil (*Pelargonium* sp.) ». *J. Essent. Oil Res.* 16 (2004) 490–495.

**GONZÁLEZ-TRUJANO M E, PEÑA E I, MARTÍNEZ A L, MORENO J, GUEVARA-FEFER P, DÉCIGA-CAMPOS M, LÓPEZ-MUÑOZ F J (2007).** Evaluation of the antinociceptive effect of *Rosmarinus officinalis* L. using three different experimental models in rodents *J theopharmacol.* 111:476-482.

**GRECHE H, MRABET N , ISMAÏLI ALAOUI M. BOUKIR A, BENJILALI B (2008).** effet de sechage sur le rendement et la composition chimique de l'huile essentielle de *tanacetum annuum l.* *revue afn maroc n ° : 2-3 juillet 2008.*

**GUESMI F, BEN FARHAT M, MEJRI M AND LANDOULSI A (2014).** In-vitro assessment of antioxidant and antimicrobial activities of methanol extracts and essential oil of *Thymus hirtus* sp. *Algeriensis* Fatma et al. *Lipids in Health and Disease* 2014, 13:114 <http://www.lipidworld.com/content/13/1/114>.

## Références bibliographique

---

- GUINOISEAU E (2010).** Molecules antibacteriennes issus d'huiles essentielles: Séparation, identification et mode d'action. Thèse doctorat, Université De Corse-Pasquale paoli.
- HETTIARACHICHI D.S (2008).** Volatile oil content determination in the Australian sandalwood industry: Towards a standardised method. *Sandalwood Research Newsletter*, Issue 23; pp.1-4.
- HADIZADEH I, PEIVASTEGAN B and HAMZEHZARGHANI H (2009).** Antifungal activity of essential oils from some medicinal plants of Iran against *Alternaria alternate*. *American Journal of Applied Sciences* 6 (5): pp. 857-861.
- HAZZIT M, BAALIOUAMER A, FALEIRO M L and MIGUEL M G (2006),** Composition of the essential oils of Thymus and Origanum from Algeria and their antioxidant and antimicrobial activities. *J. Agric. Food Chem.*, 54, 6314–6321 (2006).
- HAZZIT M, BAALIOUAMER A, VERÍSSIMO A R, FALEIRO M L and MIGUEL M G (2009).** Chemical composition and biological activities of Algerian Thymus oils. *Food. Chem.*, **116**, 714 – 721.
- HAZZIT M & BAALIOUAMER A (2009).** Composition of the Essential Oils of the Leaves and Flowers of Thymus pallescens de Noé and Origanum floribundum Munby From Algeria, *Journal of Essential Oil Research*, 21:3, 267-270.
- HAZZIT M, BAALIOUAMER A & DOUAR-LATRECHE S (2013).** Effect of heat treatment on the chemical composition and the antioxidant activity of essential oil of Thymus pallescens de Noé from Algeria.
- HENG SS, HUANG CG, CHEN WJ, KUO YH, CHANG ST (2008).** Larvicidal activity of tectoquinone isolated from red heartwood-type Cryptomeria japonica against two mosquito species. *Bioresour Technol* 99: 3617 –3622.
- HENI S, BENNADJA S, DJAHOUDI A (2015).** Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Thymus ciliatus* growing wild in North Eastern Algeria *Journal of Applied Pharmaceutical Science* Vol. 5 (12), pp. 056-060, December, 2015 .
- HILAN C, SFEIR R, JAWICH D et AITOUR S (2006).** *Journal Scientifique Libanais*, 7: 13-22.
- HUDAIB M, SPERONI E, PIETRA A M D, CARVIN V (2002).** GC/MS evaluation of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil composition and variations during vegetative cycle. *J. Pharmaceutical and Biomedical Analysis* **29**: 691-700.
- HUSSAIN A I (2009).** Characterization and biological activities of essential oils of some species of lamiaceae. *Doctorale thesis*, Pakistan ; 257p.
- HUSSAIN A I, ANWAR F, CHATHA S A S, JABBAR A, MAHBOOB S and NIGAM P S (2010).** *Rosmarinus officinalis* essential oil: antiproliferative, antioxidant and antibacterial activities. *Brazilian Journal of Microbiology* 41: pp.1070-1078.
- ISMAILI H, SOSA S, BRKIC D, FKIH-TETOUANI S, ILDRISI A, TOUATI D, AQUINO R & TUBARO A (2002).** Topical antiinflammatory activity of extracts and compounds from Thymus

## Références bibliographique

---

broussonettii. J. Pharma. Pharmacol., 54,1137-1140 willdenowii. J. Pharma. Pharmacol., 53, 1645-1652.

**JEANTET R, CROGUENEC T, SCHUCK P. et BRULE G (2006).** Science des aliments, stabilisation biologique et physico-chimique, volume 1. Ed. *Tec. & Doc.*, Lavoisier, pp. 95–151.

**JUÁREZ ZN, BACH H, SÁNCHEZ-ARREOLA E, BACH H, HERNÁNDEZ LR (2016)** Protective antifungal activity of essential oils extracted from *Buddleja perfoliata* and *Pelargonium graveolens* against fungi isolated from stored grains. *J Appl Microbiol.* 2016 May;120(5):1264-70. doi: 10.1111/jam.13092

**KAROUI T, BEN JANNET H and MIGHRI Z (2007).** Essential oil composition of terminal branches, cones and roots of *Tetraclinis articulata* from Tunisia. *Pakistan J. Bio. Sci.*, 10, 2495–2499 (2007).

**KSOURI W M, SAADA M, SOUMAYA B, SNOUSSI M, ZAOUALI Y, R KSOURI (2015).** Potential use of wild *Thymus algeriensis* and *Thymus capitatus* as source of antioxidant and antimicrobial agents *Volume 23(4). Published novembre, 01, 2015* www.jnsiences.org ISSN 2286-5314.

**KULŠIĆ T, DRAGOVIC-UZELAC V, MILOŠ M (2006).** Antioxidant Activity of Aqueous Tea Infusions Prepared from Oregano, Thyme and Wild Thyme. *Food Technol. Biotechnol.* **44** (4): 485-492.

**KUTUKOĞLU F, GİRİŞGİN A O, AYDIN L (2012).** Varroacidal efficacies of essential oils extracted from *Lavandula offi cinalis*, *Foeniculum vulgare*, and *Laurus nobilis* in naturally infested honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*2012; 36(5): 554-559 TUBİTAK doi: 10.3906/vet-1104-12.

**KWEKA EJ, NYINDO M, MOSHA F, SILVA AJ (2011)** Insecticidal activity of the essential oil from fruits and seeds of *Schinus terebinthifolia* Raddi against African malaria vectors. *Parasit Vectors* 2011, 4: 129.

**LAGUNEZ RIVERA L (2006),** étude de l'extraction de métabolites secondaires de différentes matières végétales en réacteur chauffe par induction thermomagnétique directe, thèse de doctorat 1-331.

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

**LEE SJ, UMANO K, SHIBAMOTO T, LEE KG. (2007).** *Food Chem.*91:131-137.

**LINDEN G, LORIENT D (1994).** Biochimie agro-industrielle. Masson, Paris.

## Références bibliographique

---

**LIS-BALCHIN M (2002).** Lavender: the genus *Lavandula*. Taylor and Francis, London.p: 37, 40, 50, 155-200.

**LIU XC, DONG HW, ZHOU L, DU SS, LIU ZL (2013).** Essential oil composition and larvicidal activity of *Toddalia asiatica* roots against the mosquito *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Parasitol Res* 2013, 112: 1197 – 1203

**LOZIENE K & VENSKUTONIS P R (2006).** Chemical composition of the essential oil of *Thymus serpyllum* L. ssp. *serpyllum* growing wild in Lithuania. *Journal of Essential Oil Research*. 2006;18(2):206–211. doi: 10.1080/10412905.2006.9699067.

**LUCCHESI ME (2005)** « Extraction sans solvant assistée par microondes: Conception et application à l'extraction des huiles essentielles ». Thèse de Doctorat en sciences (option : Chimie), Faculté des Sciences et Technologies, Université de la Réunion, juillet 2005. p 17 ; 23, 52.

**LVA AJ, ALMEIDA DL, RONCHI SN, BENTO AC, SCHERER R, RAMOS AC, CRUZ ZMA (2010).** The essential oil of Brazilian pepper, *Schinus terebinthifolia* Raddi in larval control of *Stegomyia aegypti* (Linnaeus, 1762). *Parasit Vectors* 2010, 3: 79.

**MAHMOUD B S M, YAMAZAKI K, IL-SHIK S, DONG-SUK C and SUZUKI T, (2004).** Bacterial microflora of carp (*Cyprinus carpio*) and its shelf-life extension by essential oil compounds. *Food microbiology*, 21(6), 657-666.

**MANCINI E, SENATORE F, DEL MONTE D, DE MARTINO L, GRULOVA D, SCOGNAMIGLIO M, SNOUSSI M and DE FEO V (2015).** Studies on Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidant Activities of Five *Thymus vulgaris* L. Essential Oils *Molecules* 2015, 20, 12016-12028; doi:10.3390/molecules200712016 ISSN 1420-3049.

**MANSOUR S A, MESSEHA S S, EL-GENGAIHI S E (2000).** Mosquitocidal activity of certain *Thymus capitatus* constituents. *botanical biocides J Nat Tox* 2000; 9 : 49-62.

**MARZOUK Z, NEFFATI A, MARZOUK B, CHRAIEF I, FATIHA K, CHEKIR GHEDIRA L, BOUKEF K (2006).** *Food, Agriculture & Environment (JFAE)*. 4 :61-65

**MAURYA P, SHARMA P, MOHAN L, BATBYAL L, SRIVASTAVA C N (2009).** Evaluation of the toxicity of different phytoextracts of *Ocimum basilicum* against *Anopheles stephensi* and *Culex quinquefasciatus*. *J Asia-Pacific Entomol* 2009; 12: 113-5.

**MEULLEMIESTRE A (2014).** Valorisation des déchets de la filière « bois » en deux étapes : Isolation des molécules extractibles puis Fabrication de charbon actif. Cas du pin maritime. Thèse de doctorat, page 102, 103, 104.

**MILLER R E, MC CONVILLE M J, WOODROW I E (2006).** *Phytochemistry*. 67

**MOHAMMADI A, AHMADZADEH T, SANI A, AMERI A, IMANI E M. GOLMAKANI and KAMALI H (2015).** Seasonal variation in the chemical composition, antioxidant activity, and total

## Références bibliographique

---

phenolic content of *Artemisia absinthium* essential oils Pharmacognosy Res. 2015 Oct-Dec; 7(4): 329–334. doi: 10.4103/0974-8490.158441 , PMID: PMC4660511.

**MOHAMMEDI Z et ATIK F (2011)**, Pouvoir antifongique et antioxydant de l'huile essentielle de *Lavandula stoechas* L. *Revue « Nature & Technologie »*. n° 06/Janvier 2012. Pages 34 à 39.

**MORALES R (2002)**. The history, botany and taxonomy of the genus *Thymus*. In : *Thyme : the genus Thymus*. Ed. Taylor & Francis, London. pp. 1-43. évolutive des composés secondaires. *Thèse de doctorat-Ecole nationale supérieure d'Agronomie de montpellier*.

**MOSTA NM (2006)**. «Essential oil yield and composition of rosescented geranium (*Pelargonium* sp) as influenced by harvesting frequency and plant shoot age ». Thesis of doctorat MSC Agronomy, faculty of natural and agricultural sciences, university of Pretoria, South Africa, October 2006.

**MUHAMMAD A, QASIM A, FAROOQ A and IJAZ A H (2010)**. Composition of Leaf Essential Oil of *Eucalyptus camaldulensis* *Asian Journal of Chemistry* Vol. 22, No. 3 (2010), 1779-1786

**MURUGAN k, JAMES PITCHAI G, MADHIYAZHAGAN P, NATARAJ T, NARESHKUMAR A, JIANG-SHIOU H, CHANDRASEKAR R, NICOLETTI M, AMSATH A and RANJEET B (2014)**. larvicidal, repellent and smoke toxicity effect of neem products against malarial vector, *anopheles stephensi* *International Journal of Pure and Applied Zoology* ISSN (Print) : 2320-9577 Volume 2, Issue 2, pp: 71-83, 2014

**NAIT A K (2012)**. Etude de la composition chimique des essences de quatre espèces d'eucalyptus poussant dans la région de tiziouzou. *Thèse de magistère en chimie appliquée, université Mouloud mameri*; pp:13

**NAOMI B R, FRANCIS M I, MWANARUSI S, NATIV D, NIRIT B (2015)**. Effects of nitrogen, phosphorus and irrigation frequency on essential oil content and composition of sage (*Salvia officinalis* L.) *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* Volume 2, Issue 1, March 2015, Pages 21–29

**OLIVERO-VERBEL J, GONZÁLEZ-CERVERA T, GÜETTE-FERNANDEZ J. JARAMILLO-COLORADO B. and STASHENKO E (2010)**. Chemical composition and antioxidant activity of essential oils isolated from Colombian plants. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 20(4): pp.568-574.

**PAMPHILE M, RANDRIANASOLONJANAHARY H & RAZAFINDRAJAONA J M (2009)**. Etude des substances Actives de *Cinnamosma fragrans*. *Actes du symposium biomad*. Université de mahajang. 22p.

**PETROPOULOS S A, DAFERERA D, POLISSIOU M G, PASSAM H C (2008)**. The effect of water deficit stresses on the growth, yield and composition of essential oils of parsley *Scientia Horticulturae* 115 (2008) 393–397 [www.elsevier.com/locate/scihorti](http://www.elsevier.com/locate/scihorti).

**PINTO E, PINA-VAZ C, SALGUEIRO L, GONÇALVES M.J, COSTA-DE-OLIVEIRA S, CAVALEIRO C, PALMEIRA A, RODRIGUES A and MARTINEZ-DE-OLIVEIRA J (2006)**.

## Références bibliographique

---

Antifungal activity of the essential oil of *Thymus pulegioides* on *Candida*, *Aspergillus* and dermatophyte species. *Journal of Medical Microbiology*, 55, pp. 1367–1373.

**POPOVIC A, ŠUCUR J, ORCIC D and ŠTRBAC P (2013)**. effects of essential oil formulations on the adult insect *tribolium castaneum*(herbst) (col., tenebrionidae) journal of central european agriculture, 2013, 14(2), p.181-193 doi: 10.5513/jcea01/14.2.1246

**PORTE A, GODOY R L O (2008)**. Chemical composition of *Thymus vulgaris* L. (thyme) essential oil from the Rio de Janeiro State (Brazil). *Journal of the Serbian Chemical Society*, v. 73, n. 3, p. 307-10, 2008.

**PORTES E (2008)**. Synthèse et Etudes de tétrahydrocurcuminoïdes : Propriétés photochimiques et antioxydantes, applications à la préservation de matériaux d'origine naturelle. *Thèse de doctorat*. N° 3695. Université Bordeaux I, 244p.

**POULOSE AvJ et CROTEAU R (1978)**. Biosynthesis of aromatic monoterpenes – conversion of g-terpinene to p-cymene and thymol in thymus vulgaris – *Archives of biochemistry and biophysics* vol. 187, 2: 307-314

**RAJGOVIND S, GAURAV S and NAKULESHWAR D J (2016)**. Essential Oil Yield Pattern and Antibacterial and Insecticidal Activities of *Trachyspermum ammi* and *Myristica fragrans* . Volume 2016 (2016), Article ID 1428194, 7 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1428194>

**RAM M, RAM D, ROY SK (2003)**. «Influence of an organic mulching on fertilizer nitrogen use efficiency and herb and essential oil yields in geranium (*Pelargonium graveolens*) ». *Bioresource Technology* 87 (2003) 273–278.

**RAO BR. R (2002)**. « Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacings and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L.f. *piperascens* Malinv. ex Holmes)». *Industrial Crops and Products* 16 (2002) 133–144.

**RASHID C A, QURESHI M Z, RAZA S A, WILLIAM J and ARSHAD M (2010)**. Quantitative determination of antioxidant potential of *Artemisia persica*. *Analele Universităţii din Bucureşti – Chimie (serie nouă)*, vol. 19 N°1, pp. 23-30.

**RODOLFO J, KORoch A, SIMON J, HITIMANA N (2006)**. « Quality of geranium oils: case studies in southern and eastern Africa ». *Journal of essential oil research (JEOR)*, Sept-Oct 2006.

**RUSSO M, GALETTI G C, BOCCHINI P and CARNACINI A (1998)**. Essential oil chemical composition of wild populations of Italian oregano spice (*origanum vulgare* ssp, *hirtum* – A preliminary evaluation of their use in chemotaxonomy by cluster analysis.1. inflorescences- *J. Agric. Food. Chem.*, 46: 3741-3746.

**SAFAEI-GHOMI J, EBRAHIMABADI A H, DJAFARI-BIDGOLI Z & BATOOli H (2009)**. GC/MS analysis and in vitro antioxidant activity of essential oil and methanol extracts of *Thymus caramanicus* Jalas and its main constituent carvacrol. *Food Chem.*, 115, 1524-1528.

## Références bibliographique

---

**SAKTHIVADIVEL M and DANIEL T (2008).** Evaluation of certain insecticidal plants for the control of vector mosquitoes viz. *Culex quinquefasciatus*, *Anopheles stephensi* and *Aedes aegypti*. *Appl Entomol Zool* 2008; 43 : 57-63.

**SAYAH M Y, EL OUALI LALAMI A, GREECH H, ERRACHIDI F, RODI EL KANDRI and OUAZZANI CHAHDI (2014).** Activite Larvicide des Extraits de Plantes Aromatiques sur les Larves de Moustiques Vecteurs de Maladies Parasitaires Larvicidal Activity of Aromatic Plant Extracts on Larvae of Mosquitoes Vectors of Parasitic Diseases *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324 Vol. 7 No. 3 Aug. 2014, pp. 832-842 2014 Innovative Space of Scientific Research Journals <http://www.ijias.issr-journals.org/>.

**SCIMECA D et TÉTAU M (2005).** Votre santé par les huiles essentielles, Guide pratique pour PRÉVENIR ET GUÉRIR TOUT LES MAUX QUOTIDIEN, ED. ALPEN, P. 12,13.

**SHABNUM S & WAGAY M G (2011).** Essential oil composition of *Thymus Vulgaris* L. and their uses. *J Res Develop*, 11, 83–90.

**SILANO V and DELBÒ M (2008).** Assessment report on *Foeniculum vulgare* Miller. *EMEA*, European Medicines Agency. London; 23p.

**SILOU T (2003).** Variations individuelle et saisonnière de la teneur et de la composition des huiles essentielles d'*E. citriodora* acclimaté à Pointe-Noire (Congo-Brazzaville). Université Marien Nguouabi. Faculté des sciences, pp. 1-6.

**SILVA B, SILVA T, FRANCO E S, RABELO S, LIMA E R, MOTA R, CÂMARA C G D, PONTES FILHO N T, LIMA FILHO J V (2010)** Antibacterial activity, Chemical composition and cytotoxicity of leave's essential oil from Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolius*, Raddi). *Braz. J. Microbiol.* 2010, 41, 158-163.

**SLIMANE Z (2002).** Contribution a l'évolution d'HE des écorces de fruits de certaine rutacée.

**SMAN MB (2006).** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Ann Rev Entomol*, 51: 45 – 66.

**SOKMEN A, GULLUCE M, AKPULAT H A, DAFERERA D, TEPE B, POLISSIOU M, (2004).** The in vitro antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils and methanol extracts of endemic *Thymus spathulifolius*. *Food Control*, 15(8), 627–634.

**SONG J K, JEONG-MOON L, NA-HYUN Y, JI-YEON L, HOI-SEON (2016).** acaricidal and Insecticidal Activities of Essential Oils against a Stored-Food Mite and Stored-Grain Insects. *Journal of Food Protection®*, Number 1, January 2016, pp. 4-178, pp. 174-178(5)

**SOUZA E L, BARROS C J, CONCEIÇÃO M L, NETO N J G and COSTA A C V (2009).** Combined application of *Origanum vulgare* L. essential oil and acetic acid for controlling the growth of *Staphylococcus aureus* in foods. *Brazilian Journal of Microbiology* ; 40: pp.387-393.

## Références bibliographique

---

- STEFANINI M B, MING L C, MARQUES M O M, MEIRELES M A A, MOURA L S and MARCHESI J A (2006)a.** Seed productivity, yield and composition of the essential oil of fennel *Foeniculum vulgare* var. *dulcis* in the season of the year. *Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu*, Vol.8, pp.86-90.
- TEPE B, SIHOGLU-TEPE A, DAFERERA D, POLISSIOU M et SOKMEN A (2007).** Chemical composition and activity of the essential oil *Clinopodium vulgare* L. *J. Food Chem.*, 103, 766-770.
- THOMPSON J D et al (2003).** Qualitative and quantitative variation in monoterpene co-occurrence and composition in the essential oil of *Thymus vulgaris* chemotype. *J. Chem. Ecol.*, **29**(4), 859-880.
- TOUAIBIA M (2014).** Composition chimique et activité antifongique de l'huile essentielle de *Myrtus communis* L. sur milieu de laboratoire et sur les fruits du fraisier. *Revue « Nature & Technologie » .B-Sciences Agronomiques et Biologiques*, n° 12/ Janvier 2015, Pages 66à 72.
- TRABOULSI AF, TAOUBI K, EL-HAJ S, BESSIERE JM, SALMA R (2002).** Insecticidal properties of essential plant oils against the mosquito *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae). *Pest Management Sci* 2002; 58 : 491-5.
- UDOMSILP J, PIYO A, KHANG-KHUN P and THOBUNLUEPOP P (2009).** Antifungal properties of essential oils from Thai medical plants against rice pathogenic fungi. *As. J. Food Ag-Ind. Special Issue*, pp. 24-30.
- YAYI-LADEKAN E, KPOVIESSI D S S, GBAGUIDI F, KPADONOU-KPOVIESSI B G H, GBENOU J, JOLIVALT C, MOUDACHIROU M, ACCROMBESSI G Cet J QUETIN-LECLERCQ (2011).** Variation diurne de la composition chimique et influence sur les propriétés antimicrobiennes de l'huile essentielle de *Ocimum canum* Sims cultivé au Bénin / *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(4): 1462-1475, 2011.
- ZAYYAD N, FARAH A ET BAHHOU J (2014).** Chemical analysis and antibacterial activity of essential oils from three species of *Thymus*: *Thymus zygis*, *T. algeriensis*, and *T. bleicherianus*. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, Vol. 83, 2014, p. 118 – 132.
- ZHIRI A et BAUDOUX D (2005).** *Huiles essentielles chémotypées et leurs synergies*. Edition Inspir Development, rue Goethe, 1 - L-1637 Luxembourg.
- ZHU Y, TAYLOR C, SOMMER K, WILKINSON K, WIRTHENSOHN M (2015).** Influence of deficit irrigation strategies on fatty acid and tocopherol concentration of almond (*Prunus dulcis*). *Food Chemistry* (Impact Factor: 3.39). 04/2015; 173:821-826. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.10.108.
- ZOUARI N, AYADI I, FAKHFAKH N, REBAI A, and ZOUARI S (2012).** Variation of chemical composition of essential oils in wild populations of *Thymus algeriensis* Boiss. et Reut., a North African endemic Species. *Lipids in Health and Disease*, 11, 28 – 39