



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
**UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMCEM**  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et  
de l'Univers



## Département de Biologie

*Laboratoire « Produits Naturels » (LAPRONA)*

*Laboratoire « Antibiotiques et Antifongiques : Physico-chimie, Synthèse et  
Activité biologique »*

## MEMOIRE

En vue de l'obtention du **Diplôme de MASTER en BIOLOGIE**  
**Spécialité : Biochimie Appliquée**

Présenté par :

**M<sup>lle</sup> KHALDOUN Lila**

**M<sup>lle</sup> MOUSSAOUI Chaima**

## *Thème*

**Contribution à l'étude des rendements et des activités  
biologiques de l'huile essentielle *Rosmarinus officinalis*  
(Ikli) de la région de Mécheria**

Soutenu, le 29 / 06 / 2022, devant le jury composé de :

### Président :

M<sup>r</sup> BENAMMAR C.

Professeur

Université de Tlemcen

### Examineur :

M<sup>elle</sup> BENARIBA N.

Maître de Conférences « A »

Université de Tlemcen

### Encadreur :

M<sup>me</sup> BEKHECHI C.

Professeur

Université de Tlemcen

**Année universitaire : 2021 / 2022**

## *Remerciements*

Nous remercions Dieu, le Tout-Puissant, le Sublime de la Vérité, de nous avoir accordé la force et la patience afin de pouvoir réaliser ce travail.

Nous exprimons nos sincères remerciements, du fond du cœur à notre encadreur **M<sup>me</sup> BEKHECHI Chahrazed**, Professeur à l'université de Tlemcen pour son soutien, ses conseils, sa gentillesse, sa disponibilité, sa patience, sa compréhension et ses intérêts portés pour notre thème de recherche.

Nous exprimons nos vifs remerciements à **M<sup>r</sup> BENAMMAR Chahid El Hocine**, Professeur à l'Université de Tlemcen, pour l'honneur qu'il nous apporte en présidant ce jury.

Mes remerciements s'adressent aussi à notre responsable de spécialité **M<sup>lle</sup> BENARIBA Nabila**, Maître de Conférences « A », à l'Université de Tlemcen d'avoir acceptée d'examiner ce travail.

Nous tenons à remercier également **M<sup>r</sup> MALTI Charaf Eddine Watheq**, Maître assistant à l'université de Relizane pour son aide, ses conseils et sa disponibilité au laboratoire durant tout le long de ce travail.

Nous remercions également **M<sup>r</sup>BOUAFIA Miloud**, docteur en biologie pour sa disponibilité et pour la récolte de cette espèce végétale, le *Rosmarinus officinalis*.

Nous exprimons un infini remerciement plein de gratitude, à tous les membres du laboratoire qui ont participé à la réalisation de ce travail. Qu'ils trouvent ici le témoignage de notre profonde reconnaissance.

Enfin, c'est avec un grand honneur que nous dédions ce modeste travail aux personnes les plus chères au monde :

*A nos parents pour leurs encouragements, leurs patience et leurs soutien tout au long de notre parcours scolaire et universitaire jusqu'à ce jour, ce travail reflète le fruit de leurs éducation et leurs attention qu'ils nous ont réservé, à nos chères frères et sœurs et à nos amis.*

## Résumé

Dans le but de valoriser les plantes aromatiques d'Algérie, nous nous sommes intéressés dans ce mémoire à l'étude des rendements et des activités biologiques (antioxydante, antifongique) de l'huile essentielle d'une espèce végétale, à savoir : *Rosmarinus officinalis* poussant spontanément dans la région de Mécheria.

Dans la première partie, nous avons prélevé 27 échantillons qui ont été soumis à une simple hydrodistillation et à une hydrodistillation avec un appareil de type Clevenger. Cette plante est riche en huile essentielle. Les teneurs obtenues sont très variables, allant de 0,7% à 2,49% pour le mois de novembre et de 1,30 à 2,76% pour le mois de mai.

Ensuite, nous avons regroupé l'huile essentielle des différents échantillons de la même période pour avoir suffisamment d'huile essentielle et pouvoir effectuer les activités biologiques. Ainsi, nous avons constitué trois échantillons « communelle » (E1, E2 et E3). Nous avons également testés les activités biologiques de deux autres échantillons « communelle » : EC1 et EC2, provenant de la région de Béchar.

La deuxième partie a été consacrée à l'étude des activités biologiques. Le pouvoir antioxydant a été évalué par la méthode de la réduction du radical DPPH. L'échantillon « communelle » E1, récolté en novembre s'est montré le plus actif, avec une  $CI_{50}$  de l'ordre de  $14,48 \pm 1,06$  mg/ml, mais qui reste faible par rapport au composé de référence, l'acide ascorbique ( $CI_{50} = 0,02 \pm 0,001$  mg/ml). Enfin, nous avons testé l'activité antifongique de l'huile essentielle de trois échantillons par la méthode de diffusion sur disque et la méthode du contact directe en déterminant la concentration minimale inhibitrice, vis-à-vis de trois champignons filamenteux. Les résultats obtenus ont montré qu'*Aspergillus fumigatus* s'est avéré le plus sensible à l'huile essentielle du romarin des trois échantillons testés, avec des diamètres des zones d'inhibition variant de 39,0 et 47,3 mm, alors que *Fusarium oxysporum* s'est révélé très résistant à l'huile essentielle de l'échantillon E1, avec un diamètre de la zone d'inhibition de 6 mm. Par contre, nous avons noté une bonne sensibilité pour *Aspergillus flavus* vis-à-vis de l'huile essentielle de l'échantillon EC2 avec un diamètre de la zone d'inhibition de 15,3 mm. Concernant la méthode de contact direct en milieu gélosé, tous les échantillons testés se sont montrés actifs contre le champignon filamenteux : *Aspergillus fumigatus*, avec une CMI de l'ordre de 3  $\mu$ l/ml. Cependant, cette sensibilité reste modérée.

**Mots clés :** *Rosmarinus officinalis* L., Huile essentielle, Activité antioxydant, DPPH,  $CI_{50}$ , Pouvoir antifongique, Aromatogramme, CMI.

## Abstract

In order to enhance the aromatic plants of Algeria, we were interested in this study to evaluate the yields and biological activities (antioxidant, antifungal) of the essential oil of a plant species, namely: *Rosmarinus officinalis* growing spontaneously in the region of Mécheria.

The first part, we took 27 samples that were subjected to simple hydrodistillation and hydrodistillation with a Clevenger type apparatus. This plant is rich in essential oil. The contents obtained are very variable, ranging from 0.7% to 2.49% for the month of November and from 1.30 to 2.76% for the month of May.

Then, we grouped the essential oil from the different samples from the same period to have enough essential oil and be able to perform the biological activities. Thus, we have constituted three samples (E1, E2 and E3). We also tested the biological activities of two other samples EC1 and EC2, from the Béchar.

The second part was consecrated to the study of biological activities. The antioxidant power was evaluated by the DPPH radical scavenging assay method. The "common" E1 sample, collected in November, was the most active, with an  $IC_{50}$  of the order of  $14.48 \pm 1.06$  mg/ml, but which remains low compared to the reference compound, ascorbic acid ( $IC_{50} = 0.02 \pm 0.001$  mg/ml). Finally, we were tested the antifungal activity of the essential oil of three samples by the disc diffusion method and the direct contact method which determine the minimum inhibitory concentration, against three filamentous fungi. The results obtained showed that *Aspergillus fumigatus* was found to be the most sensitive to rosemary essential oil of the three samples tested, with inhibition zone diameters of 39.0 and 47.3 mm, while *Fusarium oxysporum* was found to be highly resistant to the essential oil of the E1 sample, with an inhibition zone diameter of 6 mm. On the other hand, we noted a good sensitivity for *Aspergillus flavus* against the essential oil of the EC2 sample with a diameter of the inhibition zone of 15.3 mm. Regarding the method of direct contact in agar medium, all the samples tested were active against the filamentous fungi, namely: *Aspergillus fumigatus*, with an MIC of the order of 3  $\mu$ l/ml. However, this sensitivity remains moderate.

**Keywords:** *Rosmarinus officinalis* L., Essential oil, Antioxidant activity, DPPH,  $IC_{50}$ , Antifungal power, Aromatogram, MIC.

## الملخص

بههدف تعزيز النباتات العطرية في الجزائر نحن مهتمون بدراسة المردود والانشطة البيولوجية (مضادات الاكسدة و الفطريات) للزيت العطري *Rosmarinus officinalis* التي تتم تعلقا في منطقة المشرية. في الجزء الأول، أخذنا 27 عينة تعرضت للتقطير المائي البسيط والتقطير المائي باستخدام جهاز من نوع Clevenger. أوراق هذه الأنواع النباتية غنية بالزيوت العطرية. مستويات المردود التي تم الحصول عليها متغيرة للغاية، حيث تتراوح من 0.7% إلى 2.49% لشهر نوفمبر ومن 1.30% إلى 2.76% لشهر مايو.

بعد ذلك، جمعنا الزيوت العطرية للعينات المختلفة في نفس الفترة للحصول على كمية كافية، بحيث تكون قادرة على تنفيذ الأنشطة البيولوجية. وبالتالي، قمنا بتسجيل ثلاث عينات "مشتركة" (E1 و E2 و E3). لقد اخترنا أيضا الأنشطة البيولوجية لعينتين "مشتركتين" أخريين: EC1 و EC2، من منطقة بشار.

### وخصص الجزء

الثاني لدراسة الأنشطة البيولوجية. تمت تقييم فعالية مضادات الاكسدة بواسطة طريقة تثبيط الحر DPPH. كانت العينة «المشتركة» E1، التي تم جمعها في نوفمبر هي الأكثر نشاطا، حيث كان  $IC_{50}$  من ترتيب  $14,48 \pm 1,06$  ملجم/مل، ولكن يبقى بشكل أقل نشاطا مقارنة بالمركب المرجعي حمض الأسكوربيك  $IC_{50} = 0.02 \pm 0.001$

أخيرا اختبرنا النشاط المضاد للفطريات للزيوت العطرية لثلاث عينات بطريقة انتشار القرص بواسطة الاتصال المباشر، حيث تم تحديد الحد الأدنى لتركيز المثبط لثلاث فطريات خيطية: *Aspergillus fumigatus* و *Fusarium oxysporum*.

كانت *Aspergillus fumigatus* الأكثر حساسية لزيوت إكليل الجبل العطرية. العينة الثالثة التي تم اختبارها و يبلغ قطر قيم التركيز الأدنى للتثبيط حوالي 39.0 و 47.3 ملم. بينما وجد أن *Fusarium oxysporum* شديد المقاومة للزيت العطري عينة E1 بقطر 6 ملم لمنطقة التثبيط. من ناحية أخرى لاحظنا حساسية جيدة لـ *Aspergillus flavus* للزيت العطري لعينة EC2 بقطر قيم التركيز الأدنى للتثبيط تبلغ 15,3 مم. بخصوص طريقة الاتصال المباشر في بيئية غار كانت جميع العينات التي تم اختبارها نشطة ضد الفطريات الخيطية: حيث كانت *Aspergillus fumigatus* ذات حساسية معتدلة بقطر قيم التركيز الأدنى للتثبيط (CMI) التي تبلغ 3 مجم/مل.

الكلمات المفتاحية: *Rosmarinus officinalis* الزيت العطري، النشاط المضاد

للأكسدة، DPPH،  $CI_{50}$ ، نشاط مضاد للفطريات، CMI، aromatogramme

# Table des matières

Remerciements	
Résumé	
Abstract	
المخلص	
Table de matières	
Tables des illustrations	
Liste des abréviations	
<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>Première partie : Synthèse bibliographique sur <i>Rosmarinus officinalis</i></b>	<b>4</b>
1. Description de la famille des Lamiacées	5
1.1. Généralités	5
1.2. Appareil végétatif	5
1.3. Appareil reproducteur	5
2. Description de l'espèce <i>Rosmarinus officinalis</i>	6
2.1. Description botanique	7
2.2. Systématique de l'espèce <i>Rosmarinus officinalis</i>	8
2.3. Répartition de l'espèce <i>Rosmarinus officinalis</i>	9
2.4. Origine et habitat	9
3. Usages thérapeutiques	9
4. Travaux antérieurs	10
4.1. Composition chimique de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i>	10
4.2. Activités biologiques de l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i>	21
4.2.1. Activité antioxydante	22
4.2.2. Activité antimicrobienne	22
4.2.3. Autres activités	26
<b>Deuxième partie : Partie expérimentale</b>	<b>27</b>
1. Matériel végétal	28
2. Extraction des huiles essentielles	28
3. Calcul des rendements en huile essentielle	29
4. Etude des activités biologiques de l'huile essentielle du romarin	30
4.1. Activité antioxydante de l'huile essentielle	30
4.1.1. Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle)	30

4.2. Activité antifongique des huiles essentielles.....	31
4.2.1. Provenance des germes.....	31
4.2.2. Mise en culture des souches.....	32
4.2.3. Méthodes d'étude du pouvoir antimicrobien des huiles essentielles.....	32
4.2.3.1. Détermination de l'activité antifongique par la méthode de diffusion sur Disque (aromatogramme).....	32
4.2.3.2. Détermination des concentrations minimales inhibitrices par la méthode de Contact direct en milieu gélosé.....	33
<b>Troisième partie : Résultats et discussion.....</b>	<b>34</b>
1. Extraction des huiles essentielles.....	34
2. Calcul des rendements.....	34
3. Etude des activités biologiques de l'huile essentielle de <i>R. officinalis</i> .....	37
3.1. Etude de l'activité antioxydante.....	39
3.2. Etude de l'activité antifongique.....	42
3.2.1. Détermination de l'activité antifongique par la méthode de diffusion sur Disque (aromatogramme).....	42
3.2.2. Détermination des concentrations minimales inhibitrices par la méthode du Contact directe en milieu gélosé.....	45
<b>Conclusion.....</b>	<b>48</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>51</b>
<b>Annexe.....</b>	<b>56</b>

# Table des illustrations

## Liste des photos

<b>Photo 1 :</b> Vue d'ensemble d'un pied de l'espèce <i>Rosmarinus officinalis</i> (Station de Béchar, le 12/04/2019).....	8
<b>Photo 2 :</b> Feuilles, et fleurs de l'espèce <i>Rosmarinus officinalis</i> (Station de Béchar, le 12/04/2019).....	8
<b>Photo 3 :</b> Dispositif d'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation avec un appareil de type Clevenger.....	29
<b>Photo 4 :</b> Dispositif d'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation simple.....	29
<b>Photo 5 :</b> Résistance du <i>Fusarium oxysporum</i> vis-à-vis l'échantillon E1 d'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> .....	44
<b>Photo 6 :</b> Inhibition élevé d' <i>Aspergillus fumigatus</i> par l'échantillon E1 d'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> .....	44
<b>Photo 7 :</b> Inhibition modérée d' <i>Aspergillus flavus</i> par l'échantillon EC2 d'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> .....	44
<b>Photo 8 :</b> Sensibilité d' <i>Aspergillus fumigatus</i> à l'échantillon E1 d'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> à la concentration de 3 µl/ml .....	46
<b>Photo 9 :</b> Sensibilité d' <i>Aspergillus fumigatus</i> à l'échantillon EC2 d'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> à la concentration de 3 µl/ml.....	46
<b>Photo10 :</b> Sensibilité d' <i>Aspergillus fumigatus</i> à l'échantillon EC1 d'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> à la concentration de 3 µl/ml.....	46
<b>Photo11 :</b> Résistance d' <i>Aspergillus flavus</i> à l'échantillon EC2d'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> .....	47
<b>Photo 12 :</b> Résistance de <i>Fusarium oxysporum</i> à l'échantillon EC1d'huile essentielle du <i>R. officinalis</i> .....	47

## Listes des figures

<b>Figure 1 :</b> Planche botanique représentant les symptomatiques de la famille des Lamiacées.....	6
<b>Figure 2 :</b> Distribution géographique du <i>Rosmarinus officinalis</i> accordée au GBIF .....	9
<b>Figure 3 :</b> Structure des principaux composés dans l'huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	11
<b>Figure 4 :</b> Situation géographique du lieu des prélèvements de <i>Rosmarinus officinalis</i> .....	28
<b>Figure 5 :</b> Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH.....	31
<b>Figure 6 :</b> Rendements (%) en huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> de la station de Mécheria (novembre 2021) .....	36
<b>Figure 7 :</b> Rendements (%) en huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> de la station de Mécheria (mai 2022) .....	36
<b>Figure 8 :</b> Comparaison entre les rendements en huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> de la station de Mécheria sur les deux périodes de récolte .....	37
<b>Figure 9 :</b> Moyennes des rendements en huile essentielle de <i>Rosmarinus officinalis</i> relatives aux deux périodes de récolte .....	37
<b>Figure 10 :</b> Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de <i>R. officinalis</i> de l'échantillon E1 (Novembre 2021) .....	39
<b>Figure 11 :</b> Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de <i>R. officinalis</i> de l'échantillon E2 (Mai 2022, HS) .....	39
<b>Figure 12 :</b> Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de <i>R. officinalis</i> de l'échantillon E3 (mai 2022, HC) .....	40
<b>Figure 13 :</b> Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de <i>R. officinalis</i> de l'échantillon EC1 (Béchar) .....	40

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Composés majoritaires identifiés dans l'huile essentielle du romarin collecté en Algérie, au Maroc et en Tunisie .....	12
<b>Tableau 2 :</b> Activité antimicrobienne selon la littérature .....	22
<b>Tableau 3 :</b> Origines des souches fongiques utilisées pour l'étude du pouvoir antimicrobien des huiles essentielles .....	32
<b>Tableau 4 :</b> Capacité de piégeage du radical libre DPPH par l'huile essentielle de <i>R. officinalis</i> exprimée en $CI_{50}$ .....	41
<b>Tableau 5 :</b> Moyenne des diamètres des zones d'inhibitions (en mm) des trois échantillons de l'huile essentielle des feuilles de <i>R. officinalis</i> relatives aux moisissures selon la méthode de diffusion sur disques (moyenne $\pm$ écart type) .....	43
<b>Tableau 6 :</b> Concentrations minimales inhibitrices (CMI) de l'huile essentielle de <i>R. officinalis</i> des trois échantillons relatifs aux moisissures testées selon la méthode du contact direct .....	45

## Liste des abréviations

**%** : Pourcentage

**AMB** : Amphotécine B

**APG** : Angiosperm Phylogeny Group

**BHA** : Butylhydroxyanisole

**BHT** : Butylhydroxytoluène

**CI<sub>50</sub>** : Concentration Inhibitrice de 50%

**CMI** : Concentration Minimale Inhibitrice

**DMSO** : Diméthylsulfoxyde

**DO** : Densité optique

**DPPH** : 2,2 Diphényl-1-picrylhydrazyle

**FLU** : Fluconazole

**FRAP** : Pouvoir réducteur de l'ion ferrique

**GBIF** : The Global Biodiversity Information Facility

**HE** : Huile Essentielle

**PDA** : Potato Dextrose Agar

**U** : Unité

# *Introduction*

---

A travers les différents âges, les vertus des plantes occupaient une place importante dans les rites religieux et les fêtes, elles étaient à l'origine de nombreuses superstitions. Ceci a amené l'homme à se servir des espèces végétales pour les intégrer dans son alimentation et également pour se soigner.

Les propriétés thérapeutiques des plantes constituent une source inépuisable de substances à activité biologique et pharmacologique très variées. L'organisation mondiale de la santé a estimé que plus de vingt milles espèces végétales à travers le monde sont utilisées par les différentes populations, particulièrement celle qui n'ont pas accès aux soins médicaux pour prévenir ou guérir certaines affections (**Hammad et Himed, 2020**).

L'Algérie par sa position biogéographique bénéficie d'un climat très diversifié, dotée d'un patrimoine floristique estimé à 3 000 espèces, très peu explorées sur le plan phytochimique comme sur le plan pharmacologique. Parmi les plantes médicinales les plus populaires en Algérie, on cite le *Rosmarinus officinalis* connu sous le nom du Romarin qui pousse abondamment dans les régions littorales, montagneuses et sahariennes.

Ce travail consiste à apporter notre modeste contribution scientifique pour la valorisation de cette espèce aromatique provenant du biotope de la Daira de Mécheria, dans la wilaya de Naâma. L'objectif principal de recherche est d'une part, de déterminer les rendements en huile essentielle de plusieurs échantillons récoltés à partir de pieds individuels et d'autre part d'évaluer les activités biologiques : antioxydante et antifongique.

Dans ce cadre d'étude, nous avons structuré notre mémoire en trois grandes parties :

La première partie concerne une synthèse bibliographique qui comporte trois chapitres principaux. Le premier chapitre est consacré à une étude bibliographique concernant la description botanique de l'espèce : *Rosmarinus officinalis*, les propriétés thérapeutiques et les travaux déjà effectués sur cette espèce végétale.

Dans la deuxième partie, nous présenterons le matériel et les méthodes utilisées dans cette étude. Celle-ci est divisée en trois axes principaux.

Dans le premier axe, nous avons réalisé l'extraction des huiles essentielles à partir des feuilles de *R. officinalis*. Dans le deuxième axe, nous nous sommes intéressés au calcul des rendements en huiles essentielles de cette plante. Dans le troisième axe, nous avons évalué les activités biologiques de cette huile essentielle à savoir, le pouvoir antioxydant par le test DPPH\* et le pouvoir antifongique par contact direct et par la méthode de diffusion sur disque.

## ***Introduction***

---

Enfin, dans la troisième et dernière partie du mémoire, nous avons rapporté les résultats obtenus, concernant les rendements, l'étude des activités biologiques et la discussion de ces résultats avec la littérature.

Ce mémoire s'achèvera par une conclusion et des perspectives.

# ***Synthèse bibliographique***

---

## **Première partie : Synthèse bibliographique sur *Rosmarinus officinalis***

### **1. Description de la famille des Lamiacées**

#### **1.1. Généralités**

Les Lamiacées (**Figure 1**) comprennent 7 000 espèces dont l'aire de dispersion est extrêmement étendue, mais avec une prépondérance pour les régions méditerranéennes : thym, lavande et romarin caractérisent la flore des garrigues, les Lamiacées sont rares, par contre, dans les régions arctiques et en haute montagne. C'est une famille très homogène : une Lamiacée est facile à reconnaître (**Dupont et Guignard, 2015**).

#### **1.2. Appareil végétatif**

Ce sont des herbes ou des arbustes généralement aromatiques (**Anonyme 1**), à tiges quadrangulaires (souvent renflées aux nœuds) se multipliant, en une même saison, à l'aide de rejets aériens (stolons ou rhizomes), en climat méditerranéen (**Dupont et Guignard, 2015**).

Les feuilles sont simples et toujours opposées. Elles sont, chez les espèces vivant dans les endroits secs, coriaces et présentent des adaptations leur permettant de réduire leur transpiration (feuilles velues à limbe enroulé par-dessous, stomates enfoncés) (**Dupont et Guignard, 2015**).

Ce sont des plantes à essence dont l'odeur se dégage par simple attouchement. En effet, la localisation des huiles essentielles est très externe. Elles se forment dans des poils à essence et se localisent sous la cuticule qui se soulève (**Dupont et Guignard, 2015**).

Toutes les espèces ont un appareil sécréteur à huile essentielle. Celle-ci s'accumule dans une cellule évoluant vers la glande sécrétrice et, sauf par rupture de l'enveloppe par frottement, ne sera séparée de la plante que par la sénescence des parties aériennes (**Gilly, 2005**).

#### **1.3. Appareil reproducteur**

Les inflorescences, situées à l'aisselle des feuilles supérieures, sont du type de la cyme : d'abord bipares, puis unipares par manque de place. Elles sont fréquemment condensées en glomérules et souvent, simulent autour de la tige un verticille de fleurs (**Dupont et Guignard, 2015**).

La corolle est typiquement bilabée, d'où le nom de Labiées donné par les premiers botanistes : une lèvre est formée de deux pétales supérieurs, l'autre de trois pétales inférieurs (**Dupont et Guignard, 2015**).

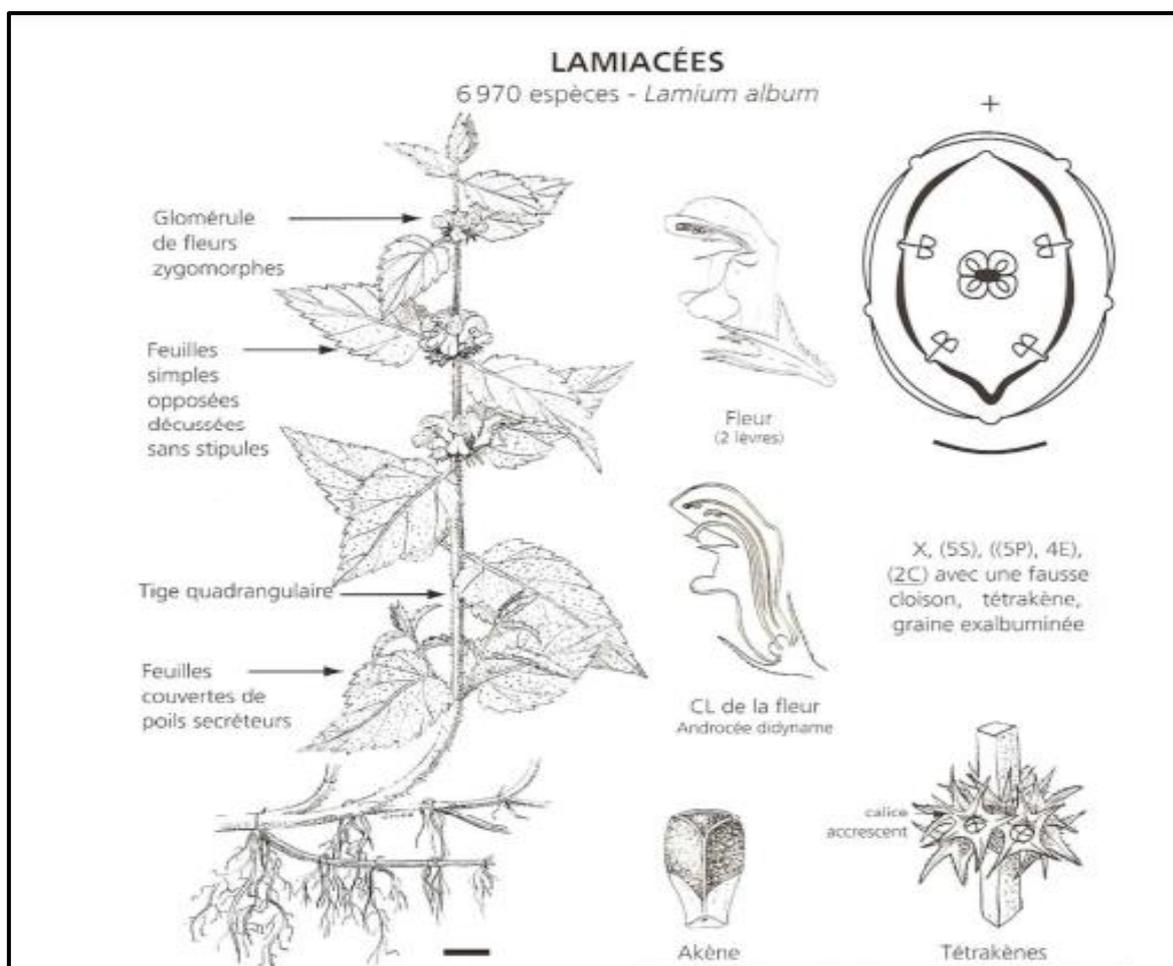
L'androcée est à quatre étamines didynames (2 longues et 2 courtes) mais on trouve chez quelques rares Lamiacées tropicales, une cinquième étamine (la supérieure) et quelques

## Synthèse bibliographique

genres dont les sauges, le romarin, n'ont plus que deux étamines (**Dupont et Guignard, 2015**).

Le gynécée, disposé sur un disque nectarifère toujours présent, comporte deux carpelles soudés qui se subdivisent chacun par une fausse cloison en deux demi-loges, chacune contenant un ovule. Le style unique qui semble partir de la base est dit gynobasique. Chez quelques espèces tropicales primitives, le style est encore terminal, il est intermédiaire chez la bugle (**Dupont et Guignard, 2015**).

Le fruit est un tétrakène logé au fond d'un calice persistant, chaque demi carpelle donnant naissance à un akène élémentaire (**Dupont et Guignard, 2015**).



**Figure 1 : Planche botanique représentant les symptomatiques de la famille des Lamiacées (Anonyme 2)**

### 26. Description de l'espèce *Rosmarinus officinalis*

Symbole de l'amour, du mariage et de la mort, le romarin de l'Antiquité appartenant aux cérémonies religieuses, entre en thérapeutique au X<sup>e</sup> siècle avec la médecine arabe, doté d'indications rapportées par Ibn al Baytar (**Fleurentin et Hayon, 2016**).

# ***Synthèse bibliographique***

---

Le romarin est la francisation de *Rosmarinus*, qui en latin fait référence à cette plante aromatique : *Rosmarinus officinalis*. Le nom vient du latin ros (ou rhus), sumac, et marinus, marin, et signifie donc « sumac marin ». Le romarin pousse effectivement non loin de la mer, mais sa ressemblance avec le sumac, *Rhus coriaria* est très loin (**Couplan, 2012**).

## **2.1. Description botanique**

Le romarin est un arbrisseau vivace de 1 à 2 mètre de hauteur, touffu et très rameux, à feuilles subsessiles, coriaces, repliées en dessous (**Rombi et Robert, 2007**) jusqu'à 4 cm de long enroulées au bord non piquantes, face supérieure vert foncé et face inférieure blanche très tomenteuse (**Kremer, 2011**). Les feuilles sont opposées, décussées et persistantes. Elles sont sessiles, entières et linéaires. Les bourgeons axillaires se développent latéralement, formant des touffes de petites feuilles ou des rameaux feuillés. Le limbe est coriace, entouré sur les bords, blanchâtre et tomenteux en dessous, vert et chagriné dessus. L'épiderme renferme de nombreux poils sécréteurs libérant l'essence sous la cuticule. L'odeur fraîche, légèrement camphrée, voisine de l'encens se dégage au froissement de la feuille (**Arvy et Gallouin, 2015**).

La tige est un peu tordue, avec de nombreuses branches minces. La racine est pivotante (**Small et Deutsch, 2001**).

Les inflorescences sont des épis de fleurs zygomorphes variant du bleu pâle au blanc lilas et tachés de violet, groupées en grappes denses axillaires ou terminales : calice gamosépale 3-lobé, corolle tubuleuse à lèvre supérieure en casque bilobé et lèvre inférieure trilobée, androcée réduit à deux étamines (**Rombi et Robert, 2007**).

Les inflorescences de 1 cm de long, sont des petites grappes axillaires terminales. La floraison a lieu de mars à juin et souvent, dans les régions méditerranéennes, jusqu'en septembre (**Arvy et Gallouin, 2015**).

Les fleurs aux aisselles des feuilles, calices en clochettes, corolle bilabiée blanchâtre à bleu clair, parfois plus foncée et violette, lèvre supérieure très retroussée (**Kremer, 2011**). La corolle bilabiée, forme un tube saillant dépassant le calice (corolle gamopétale). La lèvre supérieure, bifide, est formée par les 2 pétales dorsaux soudés. La lèvre inférieure est composée des 3 pétales ventraux. Le lobe médian, très large et concave, sert de « zone d'atterrissage » pour les insectes pollinisateurs (**Arvy et Gallouin, 2015**). L'androcée possède 2 étamines fertiles, à filets saillants insérés à la gorge de la corolle. Les anthères sont linéaires à une seule loge. La forme des étamines permet de rabattre la loge pollinique sur le dos de l'insecte visiteur qui se couvre ainsi de pollen (**Arvy et Gallouin, 2015**). Le gynécée repose sur un disque nectarifère. Il est formé de 2 carpelles soudés (**Arvy et Gallouin, 2015**).

## ***Synthèse bibliographique***

L'ovaire supère, possède 2 loges contenant chacune 2 ovules (Arvy et Gallouin, 2015). Le style très long, est souvent recourbé vers la lèvre inférieure (Arvy et Gallouin, 2015).

La pollinisation est entomophile (Arvy et Gallouin, 2015).

Les fruits sont des tétrakènes lisses et globuleux. Ils sont formés de 4 parties par le développement de fausses cloisons. À maturité, chaque partie devient indépendante et comparable à un akène dont la graine, exalbuminée, occupe tout le volume (Arvy et Gallouin, 2015).



**Photo 1 : Vue d'ensemble d'un pied de l'espèce *Rosmarinus officinalis* (Station de Béchar, le 12/04/2019)**



**Photo 2 : Feuilles, et fleurs de l'espèce *Rosmarinus officinalis* (Station de Béchar. le 12/04/2019)**

### **38. Systématique de l'espèce *Rosmarinus officinalis***

Selon, l'APG III (Anonyme 3), l'espèce *Rosmarinus officinalis* est classée comme suit :

#### **Classification phylogénétique APG III**

**Clade :** Spermaphytes

**Clade :** Angiospermes

**Clade :** Dicotylédones vraies

**Clade :** Astéridées

**Clade :** Lamiidées

**Clade :** Lamiales

**Famille :** Lamiacées

**Genre :** *Rosmarinus*

**Espèce :** *Rosmarinus officinalis* L.

# ***Synthèse bibliographique***

---

## **Nomenclatures vernaculaires**

**En Français :** Encensier, herbe aux couronnes, romarin, romarin officinal.

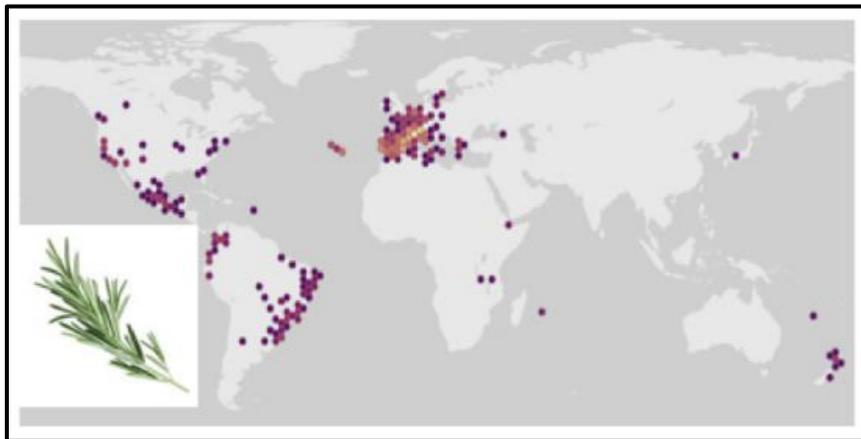
**En Arabe :** Eklil, Klil, Lazir (**Quézel et Santa, 1963 ; Goetz et Ghedira, 2012**)

## **4. Répartition de l'espèce *Rosmarinus officinalis***

### **4.1. Origine et habitat**

Le romarin est spontané dans les régions méditerranéennes où il croit dans les terrains calcaires, les lieux secs et arides du Midi, surtout au voisinage du littoral, en Corse; dans tout le bassin méditerranéen (**Figure 2**), où il fleurit toute l'année (**Goetz et Ghedira, 2012**).

Le romarin pousse aussi spontanément dans le sud de l'Europe. On le cultive dans le monde entier à partir de semis ou de boutures au printemps. Il apprécie les climats chauds, modérément secs (**Iserin, 2007**).



**Figure 2 : Distribution géographique du *Rosmarinus officinalis* accordée au GBIF (Anonyme 4)**

## **5. Usages thérapeutiques du *Rosmarinus officinalis***

Le romarin en tisane de fleurs et de feuilles est un stimulant énergétique, hépatique et biliaire (cholagogue). Il a été préconisé aux convalescents et aux personnes souffrant de dermites (eczéma) (**Arvy et Gallouin, 2015**).

Il est employé aussi en médecine populaire pour stimuler le cœur, soulager les maux de tête, faciliter le sommeil et traiter toute une gamme de maux, dont l'asthme, la calvitie, la bronchite, les ecchymoses, le cancer, les frissonnements, le rhume, la toux, les pellicules, la fièvre, l'enrouement, l'hystérie, la tension nerveuse, les névralgies, les rhumatismes et les entorses (**Small et Deutsch, 2001**).

En usage externe, c'est un sédatif léger des douleurs articulaires et musculaires. Il possède des propriétés antiseptiques, anti-infectieuses, anti-inflammatoires et cicatrisantes. il

## ***Synthèse bibliographique***

---

est employé pour les soins des plaies, de certaines brûlures peu graves et des dermites (**Arvy et Gallouin, 2015**).

Le romarin est utilisé comme un stimulant cérébral. Il soulage également la céphalée et la migraine. Il est utilisé aussi, en cas d'évanouissement provoqué par l'insuffisance circulatoire en raison de ses vertus hypertenseurs (**Iserin, 2007**).

Il est utilisé également, en tant que fortifiant en accélérant le rétablissement après une maladie chronique ou un stress prolongé (**Iserin, 2007**).

Il stimulerait les glandes surrénales et se révélerait très efficace pour le traitement de l'asthénie (**Iserin, 2007**), il est efficace en tant qu'un stimulant physique et antidépressive. En lotion, il soulage les douleurs rhumatismales (**Iserin, 2007**).

En médecine vétérinaire, le romarin a toujours été prescrit pour ses propriétés désinfectantes en l'ajoutant à l'eau de rinçage de l'animale pour le protéger des puces (**Arvy et Gallouin, 2015**).

Le romarin est peu utilisé en médecine moderne, mais son huile essentielle possède des propriétés antibactériennes réelles. Des chercheurs étudient également l'efficacité du romarin contre les indigestions, les troubles rhumatismaux et les problèmes circulatoires, et on peut entrevoir de nouveaux usages médicinaux pour cette plante (**Small et Deutsch, 2001**).

### **6. Travaux antérieurs**

#### **6.1. Composition chimique de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis***

L'huile essentielle est le produit noble résultant de la distillation d'une plante aromatique, notamment celle du *Rosmarinus officinalis* qui a été une des premières à recevoir la mention HE chémotypée, et qui est un véritable concentré de principes actifs (**Tableau 1**). Il s'agit d'une huile essentielle riche en monoterpènes, principalement : l' $\alpha$ -pinène, le 1,8-cinéole, le camphre et une quantité plus faible en camphène et en bornéol (**Figure 3**), en limonène, en acétate de bornyle et en verbénone décrite par **Casanova et Tomi, 2018**. En effet, ces derniers ont établi une classification des compositions d'HE de romarin spontané, poussant hors de la région de Corse et de Sardaigne qui comprennent principalement l'un ou l'autre des composés suivants : verbénone,  $\alpha$ -pinène et acétate de bornyle :

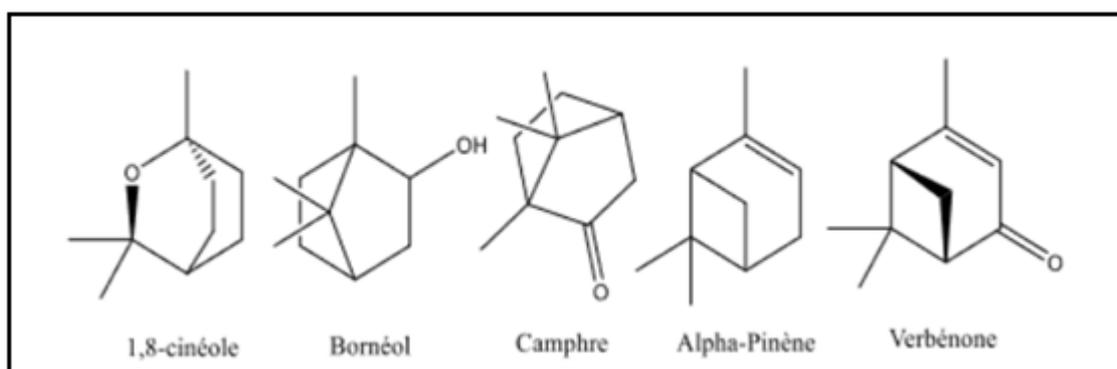
- ❖ HE contenant l' $\alpha$ -pinène et la verbénone mais peu ou pas d'acétate de bornyle, se trouvant à grande échelle en Italie, Espagne, Bosnie-Herzégovine, Hongrie, Algérie, Tunisie, Egypte, Arabie Saoudite, Iran, Yémen, Alabama et Brésil ;
- ❖ HE de romarin dominée par la verbénone et l'acétate de bornyle avec une infime partie d' $\alpha$ -pinène, en provenance de : Hongrie et Egypte ;

## Synthèse bibliographique

- ❖ HE de romarin dominée par la verbénone et également par l' $\alpha$ -pinène et l'acétate de bornyle : Ethiopie, Algérie et Portugal. Aussi, l'échantillon d'HE de romarin appartenant à la station expérimentale en Pologne révèle une teneur en verbénone égale à 44,4% de la composition globale tandis que l' $\alpha$ -pinène ne représente que 3,2% et que l'acétate de bornyle n'est pas mentionné. Les constituants de l'HE de romarin de Turquie, est soumise à des variations quantitatives phénoménales. Ainsi, la teneur en verbénone du romarin d'Izmir varie de 4,4% à 43,5% entre mars et septembre. Il en est de même pour l'HE du romarin de Canakkale qui atteint 45,2% de verbénone en décembre puis chute jusqu'à 5,5% dans les mois qui suivent. De ce qui précède, Il se dégage que la teneur en  $\alpha$ -pinène ne dépasse pas 14,2% tandis que l'acétate de bornyle est totalement absent (0,2-2,3%).

Par ailleurs, la classification proposée par **Casanova et Tomi** en **2018** en faisant abstraction de quelques rares compositions inhabituelles :

- ❖ Huile contenant plus de 40% de 1,8-cinéole, est originaire du Maroc, Tunisie, Turquie, Grèce, Yougoslavie, Italie et France.
- ❖ Celle qui présente des teneurs comparables entre  $\alpha$ -pinène, 1,8-cinéole et camphre est originaire de France, Espagne, Italie, Grèce et Bulgarie. Par contre, en Portugal, au sud de l'Espagne, et en Argentine, un autre composé est dominant, il s'agit du myrcène.
- ❖ En finalité, le romarin qui se développe à l'état spontané en Corse et en Sardaigne produit une HE dont la composition est dominée par l' $\alpha$ -pinène, l'acétate de bornyle et la verbénone (**Casanova et Tomi, 2018**).



**Figure 3 : Structure des principaux composés dans l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* (Hafoud et Abed, 2020)**

## Synthèse bibliographique

Tableau 1 : Composés majoritaires identifiés dans l'huile essentielle du romarin collecté en Algérie, au Maroc et en Tunisie

Parties utilisées	Lieu de récolte	Méthode d'extraction	Rendement	Composés identifiés	Références bibliographiques
<b>Algérie</b>					
Feuilles, fleurs et petites tiges	Bordj Bou Arreridj	Hydrodistillation de type Clevenger	1,5%	1,8-Cinéole (52,4%), camphre (12,6%), $\alpha$ -pinène (5,2%), $\beta$ -pinène (5,7%), $\beta$ -caryophyllène (4,2%), bornéol (3,4%), camphène (3,0%), <i>p</i> -cymène (2,2%), $\alpha$ -terpinéol (2,1%).	<b>Boutekdjiret et al., 1998</b>
Plante entière	(Portes de Fer) Bibans Bordj Bou Arreridj	Hydrodistillation	0,44%	<b>Hydrodistillation</b> 1,8-Cinéole (31,9%), camphre (19,7%), $\alpha$ -terpinéol (12,8%), bornéol (12,1%), terpinéol-4 (4,0%), linalol (3,9%), acétate de bornyle (3,1%), $\beta$ -caryophyllène (3,0%), $\alpha$ -pinène (0,4%), hydrate de sabinène (0,4%), camphène (0,3%), $\beta$ -pinène (0,3%).	<b>Boutekdjiret et al., 2003</b>
		Entraînement à la vapeur d'eau	1,2%	<b>Entraînement à la vapeur d'eau</b> 1,8-Cinéole (52,4%), camphre (12,6%), $\beta$ -pinène (5,7%), $\alpha$ -pinène (5,2%), $\beta$ -caryophyllène (4,2%), bornéol (3,4%), camphène (3,0%), <i>p</i> -cymène (2,2%), $\alpha$ -terpinéol (2,1%), mycène (1,7%), acétate de bornyle (1,1%), linalol (1,1%), terpinéol-4 (0,7%), $\gamma$ -terpinène (0,5%).	
Parties aériennes	Oued Souf	Hydrodistillation de type Clevenger		1,8-Cinéole (29,5%), 2-éthyl-4,5-diméthylphénol (12,0%), camphre (11,5%), bornéol (9,4%), $\alpha$ -terpinéol (9,2%), $\alpha$ -pinène (7,5%), camphène (5%).	<b>Touafek et al., 2004</b>
Parties aériennes	Oued Souf	Hydrodistillation de type Clevenger		1,8-Cinéole (29,5%), 2-éthyl-4,5-diméthylphénol (12,0%), camphre (11,5%), bornéol (9,4%), $\alpha$ -	<b>Kabouche et al., 2005</b>

## Synthèse bibliographique

				terpinéol (9,2%), $\alpha$ -pinène (7,5%), camphène (5,0%), 2,7-diméthyl-octa-2,6-diénole (4,0%), $\beta$ -pinène (3,2%), acétate de bornyle (3,0%).	
Parties aériennes	Le Park national El Hamma		0,82%	Camphre (14,6%), 1,8-cinéole (12,2%), $\beta$ -Caryophyllène (10,9%), bornéol (10,6%), $\beta$ -pinène (8,5%), camphène (7,2%), $\alpha$ -pinène (5,4%), acétate de bornyle (5,3%), $\alpha$ -terpinéol (5,2%), oxyde de caryophyllène (3,1%), $\alpha$ -Humulène (3,0%), linalol (2,2%).	<b>Djeddi et al., 2007</b>
Feuilles et fleurs	Honaïne, Tlemcen	Hydrodistillation de type Clevenger	0,8% (Spontané, Honaïne) 0,6% (Cultivé, Tlemcen)	<b>Romarin spontanée</b> $\alpha$ -Pinène (23,1%), camphre (15,3%), $\beta$ -pinène (12,2%). <b>Romarin cultivé</b> Camphre (13,8%), $\alpha$ -pinène (12,6%), cinéole (11,82%), bornéol (10,8%).	<b>Bekkara et al., 2007</b>
Parties aériennes	Sétif	Hydrodistillation de type Clevenger	0,50%	$\alpha$ -Pinène (12,6%), 1,8-cinéole (13,5%), camphre (11,8%), bornéol (9,4%), verbénone (8,3%).	<b>Zoubiri et Baaliouamer, 2011</b>
Parties aériennes	5 stations : Bedjaia, Sétif, Bourdj Bou Arriradj, Batna, Msila	Hydrodistillation de type Clevenger	0,35% 0,20% 0,30% 0,10% ; 0,25% 0,15%	Camphre (9,13 - 42,73%), eucalyptol (6,64 - 42,56%), $\alpha$ -pinène (11,35 - 25,2%), camphène (3,72 - 22,68%), bornéol (0,94 - 11,94%).	<b>Lograda et al., 2013</b>
Feuilles et fleurs	Alger	Hydrodistillation de type Clevenger	0,89 - 1,8%	<b>Echantillon 1</b> $\alpha$ -Pinène (51,8%), camphre (7,8%), camphène (6,2%), 1,8-cinéole est présent à l'état de trace. <b>Echantillon 2</b> $\alpha$ -Pinène (24,7%), camphène (4,5%), camphre (13,8%). <b>Echantillon 3</b> Camphre (32,0%), $\alpha$ -pinène (20,9%), camphène (22%), 1,8-cinéole (9,5%).	<b>Outaleb et al., 2015</b>

## Synthèse bibliographique

Parties aériennes	3 Stations Youkous, Draa hammam, Ammacha (Tébessa)	Entraînement à la vapeur d'eau	2,29%  1,60%  1,85%	<p><b>Echantillon 1</b> 1,8-Cinéole (72,9%), camphre (17,2%), bornéol (4,2%), sabinène (2,4%), terpinéol-4 (1,9%).</p> <p><b>Echantillon 2</b> 1,8-Cinéole (32,6%), sabinène (15,9%), camphène (14,4%), bornéol (9,7%), Pinocamphone (6,2%), camphre (4,5%), terpinéol-4 (3,6%), <math>\alpha</math>-pinène (3,4%), <math>\alpha</math>-terpinéol (3,3%), <i>p</i>-cymène (1,6%).</p> <p><b>Echantillon 3</b> 1,8-Cinéole (32,8%), sabinène (16,0%), camphène (14,5%), bornéol (9,7%), pinocamphone (6,2%), camphre (4,5%), terpinéol-4 (3,7%), <math>\alpha</math>-pinène (3,4%), <math>\alpha</math>-terpinéol (3,3%), <i>p</i>-cymène (1,6%), <math>\beta</math>-pinène (1,5%).</p>	<b>Boutabia et al., 2016</b>
Feuilles et fleurs	Mascara	Hydrodistillation de type Clevenger	1,29%	Verbénone (23,5%), camphre (22,4%), bornéol (16,6%), eucalyptol (11,7%), linalol (6,4%), iso pinocamphone (4,8%), $\alpha$ -terpinéol (3,3%).	<b>Belkhodja et al., 2016</b>
Parties aériennes	Tébessa	Hydrodistillation de type Clevenger		1,8-cinéole (31,5%), $\alpha$ -pinène (18,3%), camphre (9,7%), $\alpha$ -terpinéol (9,4%).	<b>Ksouri et al., 2017</b>
Parties aériennes	Djelfa	Hydrodistillation de type Clevenger	1,2%	Camphre (39,7%), 1,8-cinéole (18,26%), $\alpha$ -pinène (13,19%), camphène (9,51%).	<b>Lakhel et al., 2018</b>
Parties aériennes	Blida	Hydrodistillation de type Clevenger	0,49%  0,48%	<p><b>TW (tap water) eau de robinet</b> <math>\alpha</math>-Pinène (18,22%), oxyde de caryophyllène (14,43%), eucalyptol (1,8-cinéole) (14,15%), camphène (12,21%), bornéol (11,16%), <i>D</i>-verbénone (8,08%), acétate de bornyle (4,21%), <math>\beta</math>-pinène (3,51%), <i>trans</i>-verbénol (4,88%), isobutyrate de linalyle (3,12%).</p> <p><b>NIR (sans irrigation)</b></p>	<b>Sarmoum et al., 2019</b>

## Synthèse bibliographique

			0,33%	<p><math>\alpha</math>-Pinène (17,43%), eucalyptol (1,8 cinéole) (15,56%), <i>D</i>-verbénone (15,14%), camphre (14,58%), bornéol (13,45%), camphène (13,29%), Linalol (3,00%).</p> <p><b>Régime SW (Salt water) eau salée</b>  <math>\alpha</math>-Pinène (17,00%), eucalyptol (1,8 cinéole) (15,37%), bornéol (14,13%), camphre (13,72%), dodécane (8,42%), camphène (7,73%), caryophyllène (5,80%), <i>D</i>-verbénone (5,023%), acétate de bornyle (3,16%).</p>	
Parties aériennes	15 régions	Hydrodistillation	1,54 ± 0,3 %	<p><b>Echantillon 1-12</b>  <math>\alpha</math>-Pinène (14,9 - 21,0%), camphène (15,1 - 22,4%), camphre (32,2 - 41,2%), 1,8-cinéole (1,8 - 8,8%), bornéol (1,4 - 4,3%).</p> <p><b>Echantillon 13-15</b>  <math>\alpha</math>-Pinène (28,5%), camphène (4,7%), 1,8-cinéole (10,9%), bornéol (3,7%).</p>	<b>Hendel et al., 2019</b>
Partie aériennes	Biskra	Hydrodistillation		<p><i>Trans</i>-Caryophyllène (14,8%), camphre (17,5%), <math>\alpha</math>-pinène (9,7%), camphène (9,7%).</p>	<b>Zouaoui et al., 2020</b>
Parties aériennes (feuilles et fleurs)	Blida	Hydrodistillation	1,6%	<p><math>\alpha</math>-Pinène (9,14%), camphène (5,68%), <math>\alpha</math>-Terpinéol (4,00%), <math>\beta</math>-pinène (3,73%), linalol (3,74%), acétate de bornéol (3,36%), <math>\beta</math>-myrcène (1,53%), delta-3-Carène (1,38%), <i>p</i>-mentha-1,4(8)-diène (1,22%), eucalyptol (18,58%), <math>\gamma</math>-terpinène (2,49%), terpinolène (1,86%), <math>\alpha</math>-campholénal (1,51%), pinocarvone (1,58%), <i>p</i>-menth-1-en-4-ol (2,06%), acétate de bornyle (3,45%), verbénone (1,64%), <i>cis</i>-carvéol (0,84%), caryophyllène (1,43%).</p>	<b>Zineddine et al., 2021</b>

## Synthèse bibliographique

Parties aériennes	Brezina (El Bayadh)	Hydrodistillation de type Clevenger		Eucalyptol (70,90%), bornéol (16,63%), $\alpha$ -pinène (10,52%), $\beta$ -pinène (5,77%), camphre (2,15%), $\alpha$ -terpinéol (1,45%).	<b>Benchohra et al., 2022</b>
<b>Maroc</b>					
Sommités fleuries et feuilles	Rabat			1,8-Cinéole (52,20%), camphre (10,08%), acétate de carvoacétone (8,15%), pipéritone (6,68%), géraniol (5,75%), $\alpha$ -pinène (4,21%), camphène (4,06%), linalol (3,37%), bornéol (3,75%), <i>cis</i> - $\beta$ -myrcène (2,61%), verbénone (1,86%), terpinéol-4 (1,71%), 3-octanone (1,49%), acétate de bornyle (1,46%), $\beta$ -caryophyllène (1,36%), <i>p</i> -cymène (1,36%).	<b>Maarif et al., 2008</b>
Parties aériennes	Angad (Oujda)	Hydrodistillation de type Clevenger	1,8%	1,8-Cinéole (43,99%), camphre (12,41%), $\alpha$ -pinène (10,09%), $\beta$ -caryophyllène (5,53%), $\beta$ -pinène (4,84%), camphène (3,82%), bornéol (2,74 %), limonène (2,07 %), <i>p</i> -cymène (1,44), myrcène (1,03%), $\gamma$ -terpinène (0,99%), linalol (0,97%), terpinéol-4 (0,85%).	<b>Ait-Ouazzou et al., 2011</b>
Parties aériennes		Hydrodistillation de type Clevenger	1,0%	Camphre (17,07%), verbénone (16,02%), bornéol (12,05%), acétate de bornyle (11,58%), $\beta$ -caryophyllène (7,47%), santolinatriène (4,63%), aromadendrène (3,83%), $\alpha$ -fenchyl alcool (1,82%), oxyde de caryophyllène (1,82%), $\delta$ -cadinène (1,62%), 1,8-cinéole (0,84%).	<b>Benazzouz et al., 2011</b>
Feuilles	Taza	Hydrodistillation de type Clevenger	0,86%	Menthol (38,83%), campholène (1,02%), $\alpha$ -pinène (11,05%), bornéol (10,00%), camphène (5,31%), acétate de terpinényle (4,42%), sabinène (1,72 %), santolina-triène (1,48%), aldéhyde d'aromadendrène (1,20%).	<b>Chahboun et al., 2014</b>
Feuilles	Biougra (Agadir)	Hydrodistillation de type Clevenger	1,9%	$\alpha$ -Pinène (34,83 %), 1,8-cinéole (28,30 %), camphre (10,54 %), camphène (6,21 %), $\beta$ -Pinène	<b>Mattazi et al., 2015</b>

## Synthèse bibliographique

				(2,56 %), linalol (1,69 %), bornéol (1,64 %), limonène (1,43 %), acétate de bornyle (1,43%), $\beta$ -caryophyllène (1,05%), sabinène (1,04%), <i>p</i> -cymène (0,67%).	
Parties aériennes	Ouezzane	Entraînement à la vapeur d'eau	2,7%	1,8-Cinéole (23,673%), camphre (18,743%), bornéol (15,46%), $\alpha$ -pinène (14,076%), caryophyllène (8,666%), verbénone (4,687%), camphène (2,712%), acétate de bornyle (2,585%), tricyclène (1,70%), terpinolène (1,487%).	<b>Bouyahya et al., 2017</b>
Feuilles	Loukous Moyen Atlas	Hydrodistillation de type Clevenger	2,73 $\pm$ 0,12%  2,3 $\pm$ 0,17%	<b>Echantillon 1</b> Camphre (21,33%), 1,8-cinéole (17%), $\alpha$ -pinène (9,19%), $\beta$ -pinène (8,58%), camphène (7,44%), caryophyllène (6,43%), acétate de bornyle (4,76%), bornéol (4,75%), terpinéol-4 (2,8%), <i>p</i> -Cymène (2,44%), $\alpha$ -terpinéol (1,85%), sabinène (1,56%), 3-carène (1,32%). <b>Echantillon 2</b> 1,8-Cinéole (46,23%), camphre (17,29%), bornéol (6,84%), $\beta$ -pinène (5,62%), $\alpha$ -terpinéol (5,31%), camphène (2,63%), caryophyllène (2,3%), terpinéol-4 (2,19%), acétate de bornyle (1,97%), $\alpha$ -pinène (1,85%), linalol (1,54%), sabinène (1,51%), $\gamma$ -terpinène (1,41%).	<b>Hannour et al., 2018</b>
Feuilles	Settat	Hydrodistillation de type Clevenger	1,35 $\pm$ 0,07%	1,8-Cinéole (37,06%), cyclofenchène (13,53%), camphre (9,26%), camphène (8,02%), bornéol (4,92%), $\beta$ -Myrcène (3,50%), acétate de bornéol (3,00%), $\alpha$ -terpinéol (2,87%), $\beta$ -pinène (2,75%), <i>O</i> -cymène (2,30%), caryophyllène (2,02%), terpinéol-4 (0,80%), tricyclène (0,61%), $\gamma$ -terpinène (0,41%).	<b>Moussi et al., 2019</b>
Feuilles	Taounate	Hydrodistillation de type Clevenger		Caryophyllène (14,81%), bicyclosesquiphellandrène (18,13%), terpinéol-4 (10,65%), bornéol (10,44 %), camphre (10,02%),	<b>El Kharraf et al., 2021</b>

## Synthèse bibliographique

				eucalyptol (7,81%), <i>p</i> -cymène (7,70%), $\beta$ -myrcène (7,03%), $\beta$ -pinène (6,67%), camphène (6,09%), $\alpha$ -pinène (5,81%).	
Feuilles	Taourirt	Entrainement à la vapeur		1,8-Cinéole (43,988%), $\alpha$ -pinène (12,769%), camphre (9,177%), $\beta$ -pinène (6,943%), caryophyllène (5,001%), camphène (3,642%), $\alpha$ -terpinéol (2,793%), bornéol (2,545%), <i>D</i> -limonène (2,219%), linalol (1,055%).	<b>Oualdi et al., 2021</b>
Parties aériennes (tiges, Feuilles et fleurs).	Khénifra	Extracteur pilote (Alambic)	1,2%	Eucalyptol (44,97%), camphre (10,79%), caryophyllène (9,43%), $\alpha$ -terpinéol (3,25%), endobornéol (2,74%), 3-carène (2,53%), $\beta$ -pinène (2,20%), $\alpha$ -pinène (1,99%), terpinéol-4 (1,45%), anthranilate de linalyle (1,20%), $\alpha$ -copaène (1,17%), $\gamma$ -murolène (1,14%), $\beta$ -terpinène (1,11%), <i>D</i> -limonène (1,05%), humulène (1,06%).	<b>Abdoul-latif et al., 2021</b>
Parties aériennes	Fès Figuig	Hydrodistillation de type Clevenger	1,35 ± 0,04%  2,24 ± 0,05%	<b>Echantillon 1</b> $\alpha$ -Pinène (15,40%), camphène (9.16 %), $\beta$ -pinène (3,72%), $\alpha$ -terpinène (2,49%), <i>p</i> -cymène (4,15%), 1,8-cinéole (32,18%), $\beta$ -myrcène (4%), linalol (1,37%), camphre (16,2%). <b>Echantillon 2</b> Bornéol (1,64%), $\alpha$ - terpinéol (7,36%), $\alpha$ -pinène (51,19%), camphène (2,76%), <i>p</i> -cymène (1,09%), 1,8-cinéole (28,97%), $\beta$ -myrcène (207%), camphre (10,01%).	<b>Elyemni et al., 2022</b>
<b>Tunisie</b>					
Feuilles	14 stations Région : aride, supérieure semi-aride et	Extraction par solvant		1,8-Cinéole (20,34 - 45,79%), camphre (8,5 - 30,17%), $\alpha$ -pinène (6,53-13,1%), bornéol (3,73-25%).	<b>Zaouali et al., 2005</b>

## Synthèse bibliographique

	humide				
Feuilles	Kasrine	Hydrodistillation		1,8-Cinéole (39,8%), camphre (13,21%), $\alpha$ -pinène (9,17%), $\beta$ -myrcène (6,96%), terpinéol-4 (5,43%).	<b>Marzouk et al., 2006</b>
Feuilles	Cap bon, nord-ouest, tunisien Matmata	Extraction par solvant		1,8-Cinéole (35,3 - 60,4%).	<b>Zaouali et Boussaid., 2008</b>
Feuilles	6 stations	Hydrodistillation de type Clevenger	1,2 - 2,7%	1,8-Cinéole (23,3 - 59,1%), camphre (1,8 - 37,3%), Bornéol (1,4 - 17,5%), camphène (1,2 - 15,4%), $\alpha$ -pinène (6,8 - 13,1%), $\alpha$ -terpinéol (1,7 - 6,1%).	<b>Zaouali et al., 2010</b>
Parties aériennes	Sidi Aich	Hydrodistillation		1,8-Cinéole (35,32%), <i>trans</i> -caryophyllène (14,47%), bornéol (9,37%), camphre (8,97%), $\alpha$ -pinène (7,9%), $\alpha$ -thuyone (6,42%).	<b>Kadri et Zarai, 2011</b>
Feuilles et fleurs	8 stations	Hydrodistillation de type Clevenger		1,8-Cinéole (36,9 - 40,5%), camphre (25,8 - 30,2%), $\alpha$ -pinène (13,1 - 13,3%), camphène (10,8 - 12,4%).	<b>Zaouali et al., 2012</b>
Feuilles et fleurs	Hadjeb El Ayoun	Hydrodistillation		1,8-Cinéole (50%), camphre (11,9%), $\alpha$ -pinène (10,0%), $\beta$ -pinène (6,5%), caryophyllène (3,9%), camphène (3,7%), bornéol (3,5%).	<b>Mathlouthi et al., 2012</b>
Parties aériennes (tiges et feuilles)	Beja, Sidi Bouzid et Gabes	Hydrodistillation de type Clevenger	Beja (1,8%) Sidi Bouzid (1,6%) Gabe (1,4%)	1,8-Cinéole (33,08 ; 37,75 ; 36,75%), camphre (18,13 ; 13,55 ; 15,57%), $\alpha$ -pinène (9,23 ; 9,32 ; 8,58%), $\alpha$ -terpinéol (8,17 ; 6,79 ; 6,98%), bornéol (5,48 ; 4,08 ; 4,49%), camphène (5,07 ; 4,18 ; 5,58%), <i>p</i> -cymène (2,42 ; 3,11 ; 2,67), pour Beja, Sidi Bouzid et Gabes, respectivement.	<b>Hcini et al., 2013</b>
Feuilles	Korbous	Hydrodistillation de type Clevenger	0,71%	1,8-Cinéole (47,5%), $\alpha$ -pinène (14,9%), camphre (14,1%), bornéol (13,1%).	<b>Amri et al., 2014</b>

## Synthèse bibliographique

Parties utilisées non précisées	Sfax	Hydrodistillation de type Clevenger		1,8-Cinéole (23,56%), camphène (12,78%), camphre (12,55%), $\beta$ -pinène (12,3%), $\gamma$ -terpinène (7,56%), oxyde de caryophyllène (5,02%).	<b>Jardak et al., 2017</b>
Les feuilles	13 Stations Région aride, supérieure semi-aride et humide	Hydrodistillation de type Clevenger	2,33 - 2,70% 1,52 - 1,58% 1,17 - 1,27%	1,8-Cinéole (29,11 - 60,44%), camphre (5,88 - 27,95%), $\alpha$ -pinène (6,76 - 12,60%), camphène (1,61 - 12,87%), bornéol (2,63 - 12,61 %).	<b>Yeddes et al., 2018</b>
Feuilles et fleurs	Seliana	Hydrodistillation de type Clevenger	1,2%	1,8 Cinéole (54,60%), camphène (12,27%), $\alpha$ -pinène (7,09%).	<b>Ben Kaab et al., 2019</b>
Parties aériennes	Sbikha Fahs	Hydrodistillation		1,8-Cinéole (37,6 et 47,2%), camphre (7,1 et 13,3%), $\alpha$ -pinène (7 et 19,4%), verbénone (4,4 et 24,9%).	<b>Moumni et al., 2020</b>
Feuilles	8 stations	Hydrodistillation de type Clevenger	1,13 - 1,69%	1,8-Cinéole (44,75 - 57,88%), camphre (9,27 - 18,99%), $\alpha$ -pinène (9,18 - 13,66%), bornéol (tr - 13,21%), camphène (3,1 - 4,69%).	<b>Ben Abada et al., 2020</b>
Feuilles	Djebel Chaanbi	Hydrodistillation de type Clevenger	1,50 $\pm$ 0,12%	1,8-Cinéole (52,06%), $\alpha$ -pinène (15,35%), camphre (7,69%).	<b>Aouadi et al., 2021</b>
Feuilles	Zaghouar	Hydrodistillation de type Clevenger	2,85%	1,8-Cinéole (25,26 $\pm$ 7,71%), camphre (29,46 $\pm$ 4,92%), $\alpha$ -pinène (12,34 $\pm$ 1,83%), camphène (11,63 $\pm$ 2,03%), bornéol (5,05 $\pm$ 0,53%).	<b>Yeddes et al., 2022</b>



### **6.2. Activités biologiques de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis***

Les propriétés biologiques de *Rosmarinus officinalis* ont fait l'objet de plusieurs études :

#### **6.2.1. Activité antioxydante**

En 2010, **Zaouali et al.** ont étudié l'activité antioxydante de l'HE de six échantillons de romarin récoltés dans différentes stations, par plusieurs méthodes : le piégeage du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH), le blanchiment du  $\beta$ -carotène, le pouvoir chélateur des ions ferriques et le pouvoir réducteur de l'ion ferrique (FRAP). Les résultats obtenus par le test DPPH et par le blanchiment du  $\beta$ -carotène ont montré une bonne activité antioxydante, avec des  $CI_{50}$  variant entre  $1,1 \pm 0,0$  et  $7,0 \pm 0,5$   $\mu\text{g/ml}$ , respectivement, plus importante que celle du contrôle positif (BHT :  $CI_{50} = 21,0$   $\mu\text{g/ml}$ ).

De même **Kadri et Zarai (2011)** ont déterminé l'activité antioxydante de l'HE du romarin par différentes méthodes : le piégeage du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH), le blanchiment du  $\beta$ -carotène, le pouvoir chélateur des ions ferriques et le pouvoir réducteur de l'ion ferrique (FRAP). Le résultat du pouvoir antioxydant obtenu par le blanchiment du  $\beta$ -carotène ( $CI_{50} = 27,28$   $\mu\text{g/ml}$ ) est comparable au composé de référence (BHT,  $CI_{50} = 20,00$   $\mu\text{g/mL}$ ). Par contre, une faible activité antioxydante a été rapportée par les autres méthodes : DPPH,  $CI_{50} : 110,20$   $\mu\text{g/ml}$  contre  $40,50$   $\mu\text{g/ml}$  pour BHT ; FRAP,  $CI_{50} : 38,68$   $\mu\text{g/ml}$  contre  $13,80$   $\mu\text{g/ml}$  pour BHT).

En 2017, **Bouyahya et al.** rapportent que l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* possède une bonne activité antioxydante déterminée par le test du blanchiment du  $\beta$ -carotène, avec un  $CI_{50}$  de  $85,74 \pm 7,57$   $\mu\text{g/ml}$ , comparable à celle du trolox ( $85,45 \pm 1,36$   $\mu\text{g/ml}$ ) mais plus faible que celle de l'acide ascorbique ( $47,63 \pm 0,58$   $\mu\text{g/ml}$ ) qui sont utilisées comme composés de référence. Par contre, ils ont montré un faible pouvoir antioxydant testé par DPPH, avec une  $CI_{50} : 523,41 \pm 8,25$   $\mu\text{g/ml}$  contre  $43,72 \pm 0,32$   $\mu\text{g/ml}$  pour BHT.

Par ailleurs, en 2018, **Lakhel et al.** rapportent que l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* possède une activité antioxydante (par le test de DPPH) très faible par rapport aux antioxydants de référence. Ils avancent une  $CI_{50}$  de l'ordre de  $3,4838 \pm 0,42$  (mg/ml) contre  $0,0086 \pm 0,0005$  mg/ml,  $0,006 \pm 0,0001$  mg/ml,  $0,0046 \pm 0,0003$  mg/ml pour le BHT, BHA et la vitamine C, respectivement.

En 2019, **Hendel et al.** ont testé l'activité antioxydante par le test du DPPH de 15 échantillons récoltés dans plusieurs wilaya de l'est de l'Algérie. Six échantillons se sont montrés très actifs ( $CI_{50}$  varient entre  $120,4 \pm 2,21$  et  $176,8 \pm 15,92$   $\mu\text{l/ml}$ ), avec un pouvoir antioxydant plus important que celui du trolox ( $CI_{50} = 185,21 \pm 7,23$   $\mu\text{l/ml}$ ). Ils rapportent

## Synthèse bibliographique

également dans une autre étude, un fort pouvoir antioxydant, avec une  $CI_{50}$  de l'ordre de 3,53  $\mu\text{g/ml}$ , nettement supérieure à celle du BHT  $CI_{50}= 21,21 \mu\text{g/ml}$  (Hendel *et al.*, 2016).

De même, Yeddes *et al.* (2018) ont déterminé l'activité antioxydante de 13 échantillons de l'huile essentielle du *Rosmarinus officinalis* récoltés dans plusieurs stations en Tunisie. Les résultats obtenus par les tests DPPH et FRAP, ont montré un fort pouvoir antioxydant avec des  $CI_{50}$  très faibles variant entre 2,98 et 5,48  $\text{mg/ml}$  pour le test de DPPH. Yeddes *et al.* en 2022 rapportent également que l'HE du romarin originaire de Tunisie a une forte activité antioxydante évaluée par trois méthodes différentes : DPPH, FRAP et le test du blanchissement par du  $\beta$ -carotène, avec des  $CI_{50}$  de l'ordre de :  $3,87 \pm 0,21$ ,  $3,88 \pm 0,02$ ,  $20,80 \pm 0,02$  ( $\mu\text{g/ml}$ ), respectivement.

Enfin, Benchohra *et al.* en 2022 avancent que l'HE de romarin a montré une activité antioxydante modérée, avec une  $CI_{50} = 18,04 \pm 1,15 \mu\text{g/ml}$  par comparaison au standard,  $7,24 \pm 0,97 \mu\text{g/ml}$ .

### 6.2.2. Activité antimicrobienne

Selon la littérature, l'activité antimicrobienne a fait l'objet de plusieurs études reportées dans le tableau 2.

**Tableau 2 : Activité antimicrobienne selon la littérature**

Méthodes utilisées	Souches microbiennes	Résultats		Références bibliographiques
Contact direct (CMI)	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Enterobacter aerogenes</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Klebsiella pneumoniae</i> <i>Proteus mirabilis</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Salmonella typhimurium</i> <i>Serratia marcescens</i> <i>Staphylococcus aureus</i>	/ >128 $\mu\text{g/ml}$ >128 $\mu\text{g/ml}$ 0,625 $\mu\text{g/ml}$ > 128 $\mu\text{g/ml}$ 2,5 $\mu\text{g/ml}$ / / >128 $\mu\text{g/ml}$		Kabouche <i>et al.</i> , 2005
Contact direct (CMI, CMB)	<i>Staphylococcus aureus</i> <i>Staphylococcus epidermidis</i> <i>Micrococcus luteus</i> <i>Bacillus</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	CMI ( $\mu\text{l/ml}$ ) 160 125 180 / 67 250	CMB ( $\mu\text{l/ml}$ ) 250 250 250 / 125 400	Marzouk <i>et al.</i> , 2006
Méthode de diffusion sur disque CMI 6 échantillons	<i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Klebsiella pneumoniae</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus cereus</i> <i>Staphylococcus epidermidis</i> <i>Streptococcus faecalis</i>	15 - 18 mm 7,5 mm 12 - 16,5 mm 9,5 - 14 mm 10,5 - 15,5 mm 12 - 14 mm 9 - 11,5 mm 9 - 10,5 mm		Zaouali <i>et al.</i> , 2010

## Synthèse bibliographique

Contact direct (CMI, CMB)	<i>Salmonella enteritidis</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Enterococcus faecium</i> <i>Listeria monocytogenes</i>	CMI (µl/ml) 15,0 >30,0 >30,0 15,0 >30,0 5,0-30,0	CMB (µl ml) >30,0 >30,0 >30,0 >30,0 >30,0 10,0- >30,0	<b>Ait-Ouazzou et al., 2011</b>
- Méthode de diffusion sur disque - Contact direct (CMI)	<i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Lactobacillus rhamnosus</i> <i>Lactobacillus reuteri</i> <i>Enterococcus faecium</i> <i>Enterococcus faecalis</i> <i>Lactobacillus salivarius</i> <i>E. coli</i> <i>Salmonella indiana</i> <i>Listeria innocua</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>S. aureus</i>	/ / / / / / / 8 mm 11 mm 9 mm /	CMI / / / / / / 4,4 mg/ml 8,8 mg/ml 8,8 mg/ml /	<b>Mathlouthi et al., 2012</b>
Méthode de diffusion sur disque	<i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Enterococcus avium</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Klebsiella oxytoca</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Enterobacter sp</i> , <i>Citrobacter freundii</i> , <i>Acinetobacter baumannii</i> , <i>Serratia marcescens</i> , <i>Salmonella sp.</i> , <i>Shigella sp.</i> , <i>Providencia alcalifaciens</i> .		8,7-16,3 mm	<b>Ouibrahim et al., 2013</b>
Méthode de diffusion sur disque	<i>Enterobacter cloacae</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas syringae</i> <i>Salmonella sp</i> <i>Serratia liquefaciens</i> <i>Serratia marcescens</i> <i>Shigella sp</i>	8 - 13 mm 8 - 40 mm 8 - 20 mm 0 - 9 mm 7 - 13 mm 10 - 15 mm 8 - 15 mm 10 - 20 mm		<b>Lograda et al., 2014</b>
Méthode de diffusion sur disque	<i>Escherichia coli</i> <i>Enterobacter</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Acinetobacter baumannii</i> <i>Klebsiella pneumonia</i> <i>Proteus vulgaris</i> <i>Staphylococcus aureus</i>	12 mm 22 mm / 20 mm 12 mm 16 mm 18 mm		<b>Chahboun et al., 2014</b>
Méthode de diffusion sur disque	<i>Escherichia coli</i> <i>Salmonella sp.</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Klebsiella pneumonia</i> <i>Enterococcus aerogenes</i> <i>Micrococcus luteus</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Staphylococcus aureus</i>	12,66 ± 0,79 mm 15,33 ± 1,9 mm 10,5 ± 0,86 mm 14,5 ± 1,32 mm 24,3 ± 1,12 mm 30 ± 2 mm 36 ± 2 mm 13 ± 1,5 mm		<b>Mattazi et al., 2015</b>
Méthode de diffusion sur disque	<i>Staphylococcus aureus</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Acinetobacter sp</i>	15,3 - 18,1 mm 14,7 - 17,2 mm 13 - 15 mm		<b>Boutabia et al., 2016</b>

## Synthèse bibliographique

3 échantillons					
Contact direct (CMI)	<i>Candida albicans</i>		23,99 - 31,08 µg/ml		<b>Ksouri et al., 2017</b>
Méthode de diffusion sur disque 2 échantillons	<i>Staphylococcus aureus</i> <i>Enterococcus faecali</i> <i>Bacillus cereus</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	23,75 mm 22,75 mm 17,25 mm 9,25 mm /	16,75 mm. 14,25 mm 13,75 mm 9,5 mm /		<b>Mouas et al., 2017</b>
Contact direct (CMI, CMB)	<i>Staphylococcus aureus</i> <i>Staphylococcus epidermidis</i>	CMI (µl/ml) 1,25 0,312	CMB (µl/ml) 5 2,5		<b>Jardak et al., 2017</b>
Contact direct (CMI, CMB)	<i>Escherichia coli</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Listeria monocytogenes</i> <i>Proteus mirabilis</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Bacillus subtilis</i>	CMI (mg/ml) 1 2 0,5 2 / /	CMB (mg/ml) 1 2 0,5 / / 1		<b>Bouyahya et al., 2017</b>
Méthode de diffusion sur disque	<i>Klebsiella Pneumonia</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>		13 ± 0,51 mm 06 ± 00 mm 17 ± 0,25 mm 22 ± 0,54 mm 28 ± 0,46 mm		<b>Lakhel et al., 2018</b>
Méthode de diffusion des disques et Contact direct (CMI)	<i>Staphylococcus aureus</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>A. westerdijkiae</i> <i>A. flavus</i> <i>A. parasiticus</i> <i>Penicillium sp.</i> <i>P. frequentans</i> <i>Fusarium oxysporum</i> <i>Alternaria alternata</i> <i>Candida albicans</i> <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	9 - 10,3 mm 11,3 - 17 mm 11 - 14,6 mm 10,6-14,3 mm / 7,3 - 8,6 mm 7 - 8,6 mm 8 - 9,3 mm 7,3 - 12,6 mm 7 - 11 mm 7,3 - 13,6 mm /	CMI (0,25 et > 2%)		<b>Hendel et al., 2019</b>
Contact direct (CMI, CMB)	<i>Staphylococcus aureus</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	CMI (µl/ml) 1,67 ± 0,44 1,33 ± 0,44 42,67 ± 14,22	CMB (µl/ml) 10,67 ± 3,56 13,33 ± 3,56 85,33 ± 28,44		<b>Moussi et al., 2019</b>
Contact direct (CMI)	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Fusarium culmorum</i> <i>Penicillium italicum</i>		A 6 µl/ml 100% 95% 85%		<b>Ben kaab et al., 2019</b>
Méthode de diffusion sur disque - Contact direct (CMI, CMB) 2 échantillons	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Salmonella enterica</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Bacillus subtilis</i>	(mm) 8,3 - 6 8,7 - 7,7 11 - 15,3 10 - 10,3 19,3 - 25,3	CMI (mg/ml) 22,5 - 91 22,75 - 45,5 11,38 - 45,5 22,75 - 45,5 22,75 - 91	CMB (mg/ml) 45,5 - 182 22,75 - 91 22,7 - 182 45,5 - 91 22,75 - 91	<b>Moumni et al., 2020</b>

## Synthèse bibliographique

Méthode de diffusion sur disque	<i>Staphylococcus aureus</i> <i>Enterococcus faecalis</i> <i>Bacillus cereus</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	25,46 mm 23,91 mm 12,62 mm 7,35 mm 5,71 mm		<b>Abdoul-latif et al., 2021</b>
Contact direct (CMI, CMB)	<i>Staphylococcus aureus</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Candida albicans</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Alternaria alternata</i>	CMI (µg/ml) 0,625 ; 0,625 0,315 ; 1,25 1,25 ; 2,5 2,5 ; 5,0 0,315 ; 0,625 1,25 ; 2,5 1,25 ; 1,25	CMB (µg/ml) 1,25 ; 1,25 0,625 ; 2,5 2,5 ; 5 5 ; >10 1,25 ; 1,25 2,5 ; 5,0 2,5 ; 2,5	<b>Elyemni et al., 2021</b>
Méthode de diffusion sur disque et contact direct (CMI)	<i>Pseudomonas fragi</i> <i>Staphylococcus epidermidis</i> <i>Escherichia coli</i>	20 mm 8 mm 9 mm	CMI (µg/ml) 0,37 0,75 0,37	<b>Zineddine et al., 2021</b>
Contact direct (CMI, CMB)	<i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Enterobacter aerogenes</i> <i>Campylobacter jejuni</i> <i>Salmonella enteric</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Enterococcus faecalis</i> <i>Staphylococcus aureus</i>	2 mg/ml 2 mg/ml 2 mg/ml 2 mg/ml 2 mg/ml 1,11 mg/ml 1 mg/ml 2 mg/ml		<b>Yeddes et al., 2022</b>
Méthode de diffusion sur disque	<i>Candida albicans</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Bacillus</i>	18 - 15 mm 18 - 7 mm 16 - 10 mm 18 - 11 mm 19 - 6 mm		<b>Benchohra et al., 2022</b>

### 6.2.3. Autres activités

En 2014, **Amri et al.** ont réalisé une étude sur l'activité insecticide vis-à-vis d'*Ectomyelois ceratoniae*. Ils avancent que l'HE du *R. officinalis* possède une bonne activité insecticide de (90-100% d'inhibition) contre *E. ceratoniae*. Ainsi, elle peut être utilisée comme une potentielle source de pesticides bioécologiques.

**Hannour et al. (2018)** ont réalisé aussi une étude sur l'activité insecticide des deux HES de *R. officinalis*. Ces huiles essentielles provoquent la mort de l'insecte *Bruchus rufimanus*, par fumigation.

**Ben Kaab et al. (2019)** ont démontré que l'HE du *Rosmarinus officinalis* présente une bonne activité herbicide. A 5 mM, elle inhibe la germination des graines de *Trifolium incarnatum*, de *Silybum marianum* et de *Phalaris minor*. C'est une nouvelle stratégie de lutte biologique contre les plantes nuisibles et les mauvaises herbes.

**Bouyahya et al. (2017)** ont testé l'activité antileishmanienne de l'huile essentielle du romarin contre trois espèces : *Leishmania major*, *L. infantum* et *L. tropica*. Ils avancent que

## ***Synthèse bibliographique***

---

les résultats obtenus ont montré une activité très intéressante, avec des  $CI_{50}$  variant entre  $1,2 \pm 0,36$  et  $3,5 \pm 0,83$   $\mu\text{g/ml}$  plus efficace que celle du composé de référence, à savoir : glucantime ( $CI_{50} > 10$   $\mu\text{g/ml}$ ).

En 2022 **Benchohra *et al.*** ont testé l'activité anti-inflammatoire de l'HE du *Rosmarinus officinalis in vivo*, par le test de l'œdème de la patte de la souris induit par la carraghénine. Ils avancent que l'HE de romarin a un effet anti-inflammatoire élevé à une concentration égale à 600 mg/kg, comparable à celui du diclofénac.

# Partie expérimentale

## 1. Matériel végétal

Pour valoriser la flore médicinale algérienne, nous nous sommes proposées dans cette étude, d'évaluer les activités biologiques (antioxydante et antifongique) de l'huile essentielle des feuilles d'une plante médicinale algérienne, à savoir : *Rosmarinus officinalis* qui pousse spontanément, dans la région de Mécheria.

Des parties aériennes de *Rosmarinus officinalis* ont été collectées dans une seule station à Mécheria (Djebel Antar) de la wilaya de Naâma qui se situe à l'ouest de l'Algérie (**Figure 4**). La cueillette a été réalisée sur 2 périodes différentes, à la fin de la floraison. L'échantillonnage a été effectué sur 17 pieds individuels en mois de novembre 2021 et 10 pieds individuels en mois de mai 2022.

Après la récolte, les parties aériennes de *R. officinalis* ont été séchées à l'air libre et dans un endroit aéré pendant 10 jours.

L'identification de cette plante a été réalisée par le Dr B. Babali (Laboratoire d'écologie et gestion des écosystèmes, université de Tlemcen). Un spécimen de référence a été déposé au Laboratoire des « Produits Naturels » (Département de Biologie, université de Tlemcen).

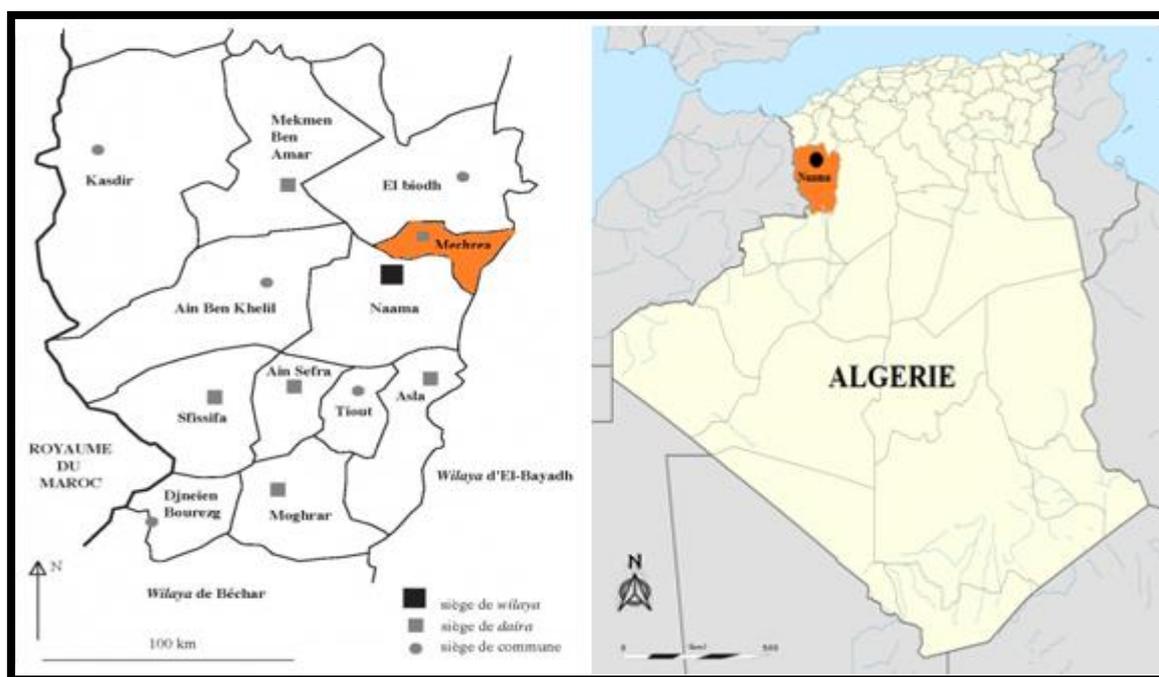


Figure 4 : Situation géographique du lieu des prélèvements de *Rosmarinus officinalis*

## 2. Extraction des huiles essentielles

L'extraction d'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* a été effectuée par la méthode d'hydrodistillation. C'est une technique simple et plus répandue. Nous avons utilisé deux types

## ***Partie expérimentale***

---

d'appareillage : un appareil de type Clevenger (**photo 3**) et un appareil d'hydrodistillation simple (**photo 4**).

Le principe consiste à immerger les feuilles séchées directement dans l'eau, puis l'ensemble est porté à ébullition pendant 2 heures.



**Photo 3 : Dispositif d'extraction des huiles essentielles par hydrodistillation avec un appareil de type Clevenger**



**Photo 4 : Dispositif d'extraction des huiles essentielles par simple hydrodistillation**

Les vapeurs chargées d'HE, traversent le réfrigérant et se condensent ainsi avant de chuter dans une ampoule à décantier. L'huile se sépare par la suite de l'eau par la différence de densité.

Après extraction et pour éviter leur dégradation, due à l'action de l'air ou de la lumière, les huiles essentielles étaient conservées dans des piluliers en verre sombre à  $4 \pm 1^\circ \text{C}$  à l'abri de la lumière.

### **3. Calcul des rendements en huile essentielle**

Le rendement en huile essentielle est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile essentielle obtenu et la masse du matériel végétal sèche à traiter. Le rendement est calculé par la formule suivante :

$$\text{Rdt}\% = \text{M}/\text{M}_0 \cdot 100$$

- **Rdt%** : Rendement en huile essentielle
- **M** : Masse d'huile essentielle récupéré (g)
- **M<sub>0</sub>** : Masse de matière végétale à traiter (g)

#### **4. Etude des activités biologiques de l'huile essentielle du romarin**

Nous savons désormais que, depuis l'Antiquité et sur tous les continents, les plantes ont toujours tenu une place prépondérante dans l'art de guérir. Selon les cultures et les époques, elles ont été exploitées sous différentes formes, de diverses manières et pour les usages les plus variés (**Buronzo, 2008**).

Si l'aromathérapie se nomme ainsi depuis moins d'un siècle, les huiles essentielles sont utilisées à des fins thérapeutiques, cosmétiques ou culinaires depuis des millénaires, par différentes civilisations. Aujourd'hui, elles sont souvent vues comme des produits de cosmétique et de parfumerie naturels, domaines dans lesquels elles sont d'ailleurs souvent employées. Il ne faut toutefois pas oublier que si l'aromathérapie est, comme son nom l'indique, une thérapie du corps et de l'esprit fondée sur les arômes, elle ne repose pas uniquement sur les odeurs, mais sur tout un ensemble de composants chimiques. Les traitements par aromathérapie concernent uniquement des huiles essentielles pures, extraites des plantes de façon naturelle (**Huete, 2007**).

Dans ce contexte, nous nous sommes proposé d'étudier le pouvoir antimicrobien et antioxydant de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*. Ainsi, pour avoir une quantité suffisante afin de pouvoir réaliser les activités biologiques, nous avons mélangé les huiles essentielles des différents échantillons de la même période.

##### **4.1. Activité antioxydante de l'huile essentielle**

Dans cette partie, nous avons utilisé la méthode du piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) pour déterminer l'activité antioxydante de l'huile essentielle de *R. officinalis* en utilisant l'éthanol comme solvant.

###### **4.1.1. Piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle)**

Le test DPPH repose sur la théorie qu'un donneur d'hydrogène est un antioxydant ; Le radical DPPH•, de coloration violette et qui présente une bande d'absorption caractéristique à 517 nm, accepte l'hydrogène qui est cédé par l'antioxydant pour former le DPPH (**Figure 5**). L'effet de l'antioxydant est proportionnel à la disparition du radical DPPH et à la décoloration de la solution

## Partie expérimentale

du violet au jaune, facilement mesurable par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 517 nm. (Sarr *et al.*, 2015).

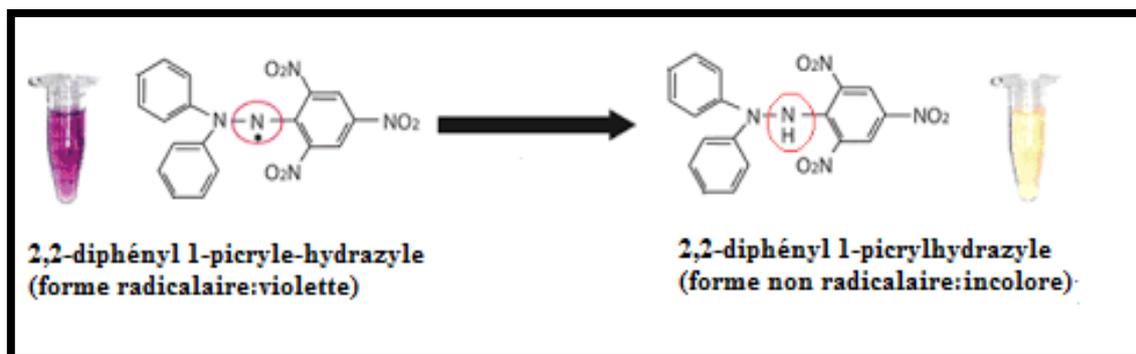


Figure 5 : Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH

Le protocole utilisé repose sur la méthode expérimentale rapportée par **Kouame *et al.*** en (2017). 2,5 ml de diverses concentrations (256, 128, 64, 32, 16, 8 et 4 mg/ml) de l'huile essentielle préparée dans de l'éthanol absolu, sont ajoutés à 1 ml d'une solution éthanolique de DPPH<sup>\*</sup> à 0,03 mg/ml. Pour chaque concentration, un blanc a été préparé. En parallèle, un contrôle négatif est préparé en mélangeant 2,5 ml d'éthanol absolu avec 1 ml d'une solution éthanolique de DPPH<sup>\*</sup>. Après incubation à l'obscurité pendant 30 min et à température ambiante, la lecture des absorbances est effectuée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

L'activité de l'huile essentielle a été comparée à l'acide ascorbique en tant que contrôle positif.

L'activité de piégeage des radicaux libres DPPH en pourcentage (%) a été calculée en utilisant la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = [(A_{\text{contrôle}} - A_{\text{test}}) / A_{\text{contrôle}}] \times 100$$

Avec :  $A_{\text{contrôle}}$  : Absorbance du contrôle (nm) ;  $A_{\text{test}}$  : Absorbance du test effectué (nm)

La concentration de l'huile essentielle nécessaire pour la réduction de 50% de la concentration initiale du DPPH<sup>\*</sup> (CI<sub>50</sub>), a été calculée à partir du graphique tracé en pourcentage d'inhibition en fonction des concentrations en huile essentielle.

## 4.2. Activité antifongique des huiles essentielles

### 4.2.1. Provenance des germes

Les souches pathogènes (**Tableau 3**) utilisées ont été choisies pour leurs fréquences élevées à contaminer les denrées alimentaires, leurs résistances courantes à différents antifongiques et pour leur pathogénicité.

**Tableau 3 : Origines des souches fongiques utilisées pour l'étude du pouvoir antimicrobien des huiles essentielles**

<i>Champignons (Moisissures)</i>	Code	Origine
<i>Aspergillus flavus</i>	MNHN 994294	MNHN
<i>Aspergillus fumigatus</i>	MNHN 566	MNHN
<i>Fusarium oxysporum</i>	MNHN 963917	MNHN

MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris)

### 4.2.2. Mise en culture des souches

Une préculture des souches microbiennes est préparée afin d'obtenir une phase exponentielle de croissance. Les suspensions de spores de moisissures, (préparées à partir d'une culture de 7 jours ayant atteint le stade de sporulation sur milieu PDA (Potato Dextrose Agar) sont ajustées à  $10^6$  spores/ml, ce qui correspond à une transmittance de 68-82% ( $\lambda = 530$  nm) (Pfaller *et al.*, 1998).

### 4.2.3. Méthodes d'étude du pouvoir antimicrobien des huiles essentielles

La technique utilisée pour déterminer le pouvoir antimicrobien des huiles essentielles a une grande influence sur les résultats. Des difficultés pratiques viennent de l'insolubilité des constituants des HEs dans l'eau, de leur volatilité et de la nécessité de les tester à faibles concentrations. A l'heure actuelle, l'activité antimicrobienne *in vitro* d'une substance peut être mise en évidence par un grand nombre de techniques classiques, aussi bien en milieu solide qu'en milieu liquide (Fernandez et Chemat, 2012).

Les techniques choisies pour la détermination de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles, portaient d'une part sur la caractérisation du pouvoir antimicrobien et d'autre part, à quantifier ce pouvoir en termes de concentration minimale inhibitrice.

Dans un premier temps, nous avons testé les huiles essentielles vis-à-vis des souches microbiennes par la méthode de diffusion. Ensuite, nous avons déterminé la concentration minimale inhibitrice (CMI) en milieu solide.

#### 4.2.3.1. Détermination de l'activité antifongique par la méthode de diffusion sur disque (aromatogramme)

Cette méthode qualitative teste la sensibilité ou la résistance des micro-organismes par contact direct avec les huiles essentielles. C'est une méthode qui est généralement utilisée pour la présélection de l'activité antimicrobienne des HEs, car le diamètre d'inhibition n'est pas une mesure directe de l'activité des HEs mais une indication qualitative de la sensibilité ou de la résistance des germes.

Un disque de papier filtre de 6 mm de diamètre imprégné de 15  $\mu$ l d'huile essentielle et de 5  $\mu$ l de DMSO est déposé sur la surface d'un milieu gélosé en boîte de Pétri (3 disques parboîte)

## ***Partie expérimentale***

---

préalablement ensemencées en surface en nappe avec 1 ml de suspension microbienne ( $10^4$  spores/ml pour les moisissures) pendant 10 à 15 min. L'excédent de l'inoculum est éliminé par aspiration.

Le milieu de culture utilisé est le milieu PDA (Potato Dextrose Agar).

Les boîtes sont laissées 1 h à température ambiante puis retournées et incubées à 25 °C pendant 3 à 5 jours.

Les germes se développent et sont visibles à l'œil nu pendant l'incubation de sorte qu'un halo clair autour du disque indique l'inhibition de la croissance microbienne, dont le diamètre de ce dernier dépend de la sensibilité aux huiles essentielles et est mesuré en mm, disque inclus.

En parallèle, la sensibilité des souches microbiennes, vis-à-vis de : fluconazole (FLU. 25 µg/disque) et l'amphotéricine B (AMB 20 U/disque) a été testée comme contrôle positif et du DMSO (20 µl/disque) comme contrôle négatif.

### **4.2.3.2. Détermination des concentrations minimales inhibitrices par la méthode de contact direct en milieu gélosé**

En bactériologie médicale, les souches microbiennes sont caractérisées par rapport à leur résistance ou à leur sensibilité aux antimicrobiens par le biais de deux valeurs : le diamètre d'inhibition et la concentration minimale inhibitrice (CMI). La CMI est la plus petite concentration d'antimicrobien ou d'extrait capable d'inhiber la croissance microbienne. La CMI est la plus faible concentration requise pour l'inhibition complète de l'organisme test en 24 ou 48 heures d'incubation (**Fernandez et Chemat, 2012**).

Pour déterminer les CMI des huiles essentielles vis-à-vis des souches sensibles, nous avons utilisé la méthode de contact direct en milieu gélosé. L'huile essentielle est déposée dans des boîtes de Pétri afin d'effectuer une gamme de concentration de 1 à 3 µl/ml dans le milieu PDA pour les champignons filamenteux, avec pour chaque concentration, son équivalent en DMSO. Le mélange est alors homogénéisé et ensuite refroidi. Après une durée d'incubation de 3 à 5 jours à 25 °C, la lecture des résultats se fait par la présence ou l'absence de la croissance microbienne.

## ***Résultats et discussion***

---

Parmi le répertoire des plantes médicinales, nous avons choisi de valoriser l'espèce végétale : *Rosmarinus officinalis*, pour l'originalité de sa prescription par les tradipraticiens de tout le bassin méditerranéen. Cette plante contient un grand nombre de composants chimiques qui ont des intérêts multiples mise en avant dans l'industrie, en alimentation, en cosmétologie et en pharmacie.

En Algérie, au Maroc et en Tunisie, divers travaux ont été réalisés sur la composition chimique de cette espèce végétale. En effet, nous avons dénombré dans la littérature une centaine de publications qui décrivent la composition chimique de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* de diverses origines.

En Algérie, plusieurs travaux ont étudié la composition chimique de cette espèce végétale. Le 1,8-cinéole, le camphre, l' $\alpha$ -pinène sont les composés majoritaires les plus fréquemment identifiés avec une très forte variation du point de vue quantitative, d'autres ne sont cités que rarement. De même, il y a eu beaucoup d'étude sur les activités antibactériennes. En revanche, les pouvoirs antioxydant et antifongique ont été très peu étudiés. De plus, à notre connaissance, le Sahara a fait l'objet d'une seule étude de la composition chimique et des activités biologiques (antibactérienne et antioxydante) de l'huile essentielle du romarin.

Ainsi, l'objectif de notre travail est d'une part de déterminer les rendements en huile essentielle des feuilles de *Rosmarinus officinalis* récolté dans une région steppique des hautes plaines occidentales, à savoir Mécheria et d'autre part d'évaluer les activités biologiques (antioxydante et antifongique) de l'huile essentielle de cette plante.

Nous avons prélevé 27 échantillons sur des pieds individuels et sur deux périodes différentes : 17 échantillons en novembre 2021, et 10 échantillons en mai 2022.

### **1. Extraction des huiles essentielles**

L'extraction des huiles essentielles à partir des feuilles sèches de *Rosmarinus officinalis* a été réalisé par simple hydrodistillation et par hydrodistillation avec un appareil de type Clevenger. Les huiles essentielles obtenues sont de couleur jaune clair, avec un aspect liquide et caractérisé par une forte odeur.

### **2. Calcul des rendements**

Les rendements en huile essentielle sont calculés par rapport à la quantité de la matière végétale sèche et sont représentés dans les figures 6, 7, 8 et 9.

## Résultats et discussion

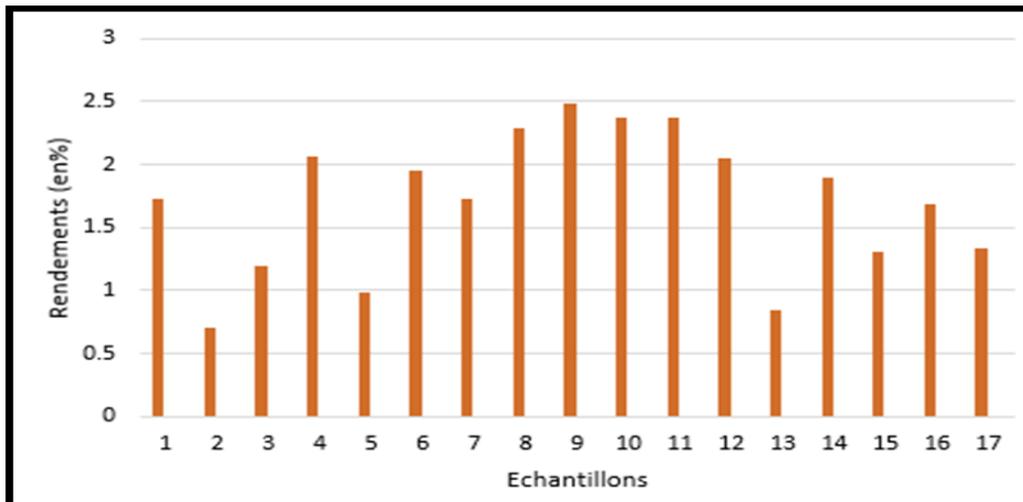


Figure 6 : Rendements (%) en huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* de la station de Mécheria (novembre 2021)

Selon la figure 6, nous avons constaté une importante variabilité des rendements en huile essentielle en mois de novembre, allant de 0,7 à 2,49%.

La teneur en huile essentielle la plus élevée (2,49%), a été observée pour l'échantillon 9 et la plus faible (0,7%) pour l'échantillon 2.

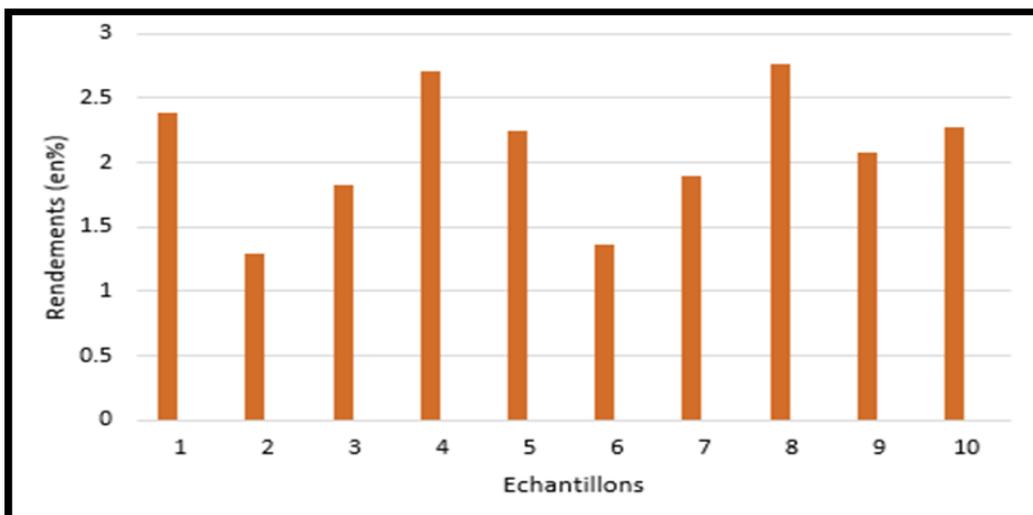
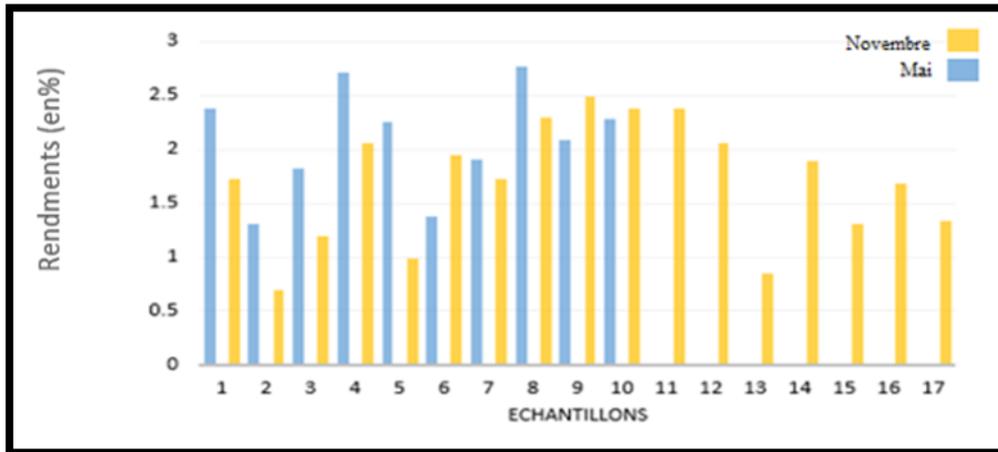


Figure 7 : Rendements (%) en huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* de la station de Mécheria (mai 2022)

En revanche, une variabilité moins importante a été observée pour les rendements en huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* récolté en mois de mai, allant du 1,3 à 2,76%. L'échantillon 08 est très riche en huile essentielle avec un teneur de l'ordre de 2,76%, alors que le rendement en huile essentielle de l'échantillon 2 est le plus faible (1,30%).

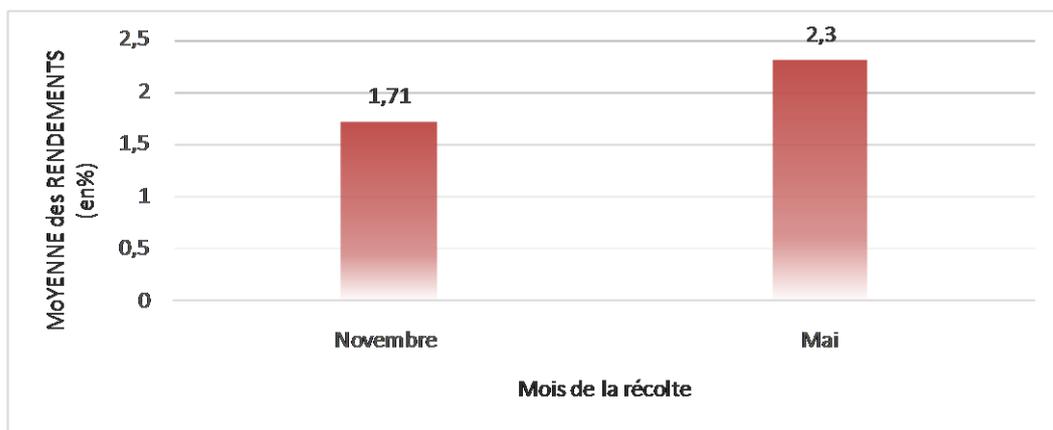
## Résultats et discussion



**Figure 8 : Comparaison entre les rendements en huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* de la station de Mécheria sur les deux périodes de récolte**

D'après nos résultats, nous avons remarqué que le romarin est très riche en huile essentielle. En comparant les rendements en huiles essentielles des échantillons récoltés sur les deux périodes, nous avons constaté que les teneurs en huile essentielle obtenues en mai 2022 (1,3 - 2,76%) sont plus importantes que celles obtenues en novembre 2021 (0,7 - 2,49%) (Figure 8).

Cette variabilité est présente entre les échantillons prélevés pendant la même période et entre les deux périodes de prélèvement. En effet, la moyenne des rendements obtenue en mois de mai est de l'ordre de 2,3%, nettement supérieure à celle obtenue en mois de novembre (1,71%) (Figure 9).



**Figure 9 : Moyennes des rendements en huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* relatives aux deux périodes de récolte**

Par comparaison de nos résultats avec ceux des travaux antérieurs, nous avons constaté que nos rendements (0,7 - 2,76%) sont comparables à ceux cités dans la littérature (0,71 -

## ***Résultats et discussion***

---

2,73%). Cependant, certains auteurs rapportent des rendements très faibles variant entre 0,21 et 0,50% (**Boutekedjiret et al., 2003** ; **Zoubiri et Baaliouamer, 2011** ; **Lograda et al., 2013** ; **Sarmoum et al., 2019**). De même, une autre étude rapporte également un rendement faible de l'ordre de 0,6% pour le romarin cultivé dans la région de Tlemcen. En revanche, **Yeddes et al. en 2022** avancent un rendement pour un échantillon de provenance de Tunisie, de l'ordre de 2,85% plus important aux teneurs obtenues pour nos échantillons.

Par ailleurs, le rendement obtenu pour l'échantillon 3 (novembre 2021) est comparable à ceux rapportés par **Boutekedjiret et al en 2003** et **Lakhel et al. en 2018**, de l'ordre de 1,2% pour des échantillons de *Rosmarinus officinalis* collectés à Bordj Bou Arreridj et à Djelfa, respectivement.

De même, une étude rapportée par **Djeddi et al. en 2007** montre que les parties aériennes de *Rosmarinus officinalis* récoltées dans le parc national El Hamma ont fourni un rendement de l'ordre de 0,82% qui est comparable à notre échantillon E13 (novembre 2021) : 0,85%.

En outre, nos rendements (échantillons 8, 13 et 17 : 2,29 ; 0,85 ; 1,34%, respectivement, récoltés en novembre 2021) sont très proches de ceux rapportés par **Hannour et al. (2018)**, **Chahboun et al. (2014)** et **Elyemni et al. (2022)** pour des échantillons de romarin récoltés au Maroc (2,30 ; 0,86 et 1,35%, respectivement).

De même, les échantillons 3, 4, 5 et 7 récoltés en mai 2022 ont présentés des teneurs similaires (1,82 ; 2,71 ; 2,25 ; 1,9%) avec celles de **Ait-Ouazzou et al. en 2011**, **Bouyahya et al. en 2017**, **Elyemni et al. en 2022** et **Mattazi et al. en 2015** (1,8 ; 2,70 ; 2,24 ; 1,9%, respectivement).

Face à ces résultats, nous pouvons conclure que diverses conditions peuvent affecter les rendements en huiles essentielles à savoir : conditions climatiques, biotope, l'origine géographique et la période de récolte.

### **3. Etude des activités biologiques de l'huile essentielle de *R. officinalis***

La présente partie porte sur l'activité antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des feuilles de *Rosmarinus officinalis*. Nous avons regroupé les huiles des différents échantillons, afin de disposer de quantités suffisantes pour pouvoir effectuer la totalité des tests. Les échantillons « communelle » sont les suivants : E1 (novembre 2021) ; E2 (mai 2022, simple hydrodistillation, HS) ; E3 (mai 2022, hydrodistillation avec un appareil de type Clevenger, HC).

Nous avons également testé un autre échantillon « communelle » : EC1 (récolté dans la

## Résultats et discussion

région de Béchar) (Chaib Dra, 2020).

### 3.1. Etude de l'activité antioxydante

Dans notre étude, Le pouvoir antioxydant de l'huile essentielle des feuilles de *R. officinalis* a été testé en utilisant le test du piégeage du radical libre 2,2-diphényl-1picrylhydrazyle (DPPH) et en utilisant l'éthanol comme solvant. Cette activité a été évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre en suivant la réduction de radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette à la couleur jaune, mesurable à 517 nm.

Les résultats du pourcentage d'inhibition de l'huile essentielle des différents échantillons (E1, E2, E3 et EC1) sont reportés sur les figures 10, 11, 12 et 13, respectivement.

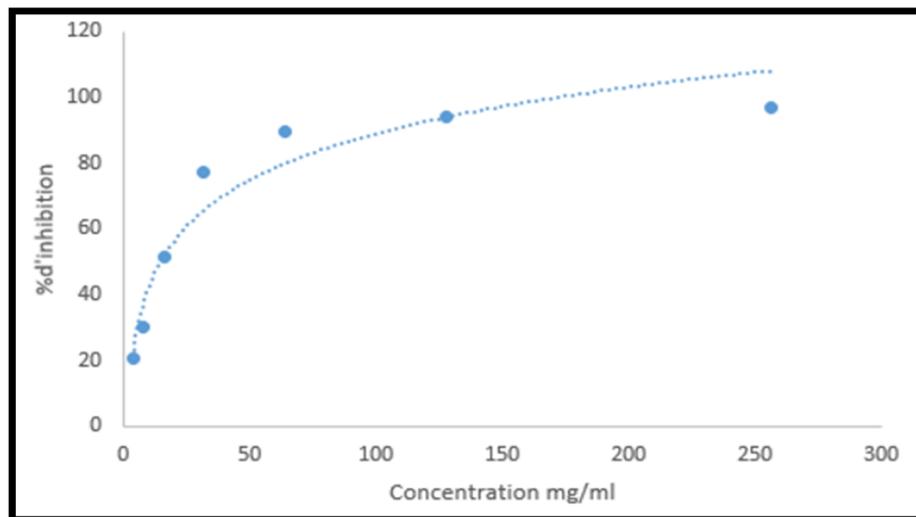


Figure 10 : Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de *R. officinalis* de l'échantillon E1 (Novembre 2021)

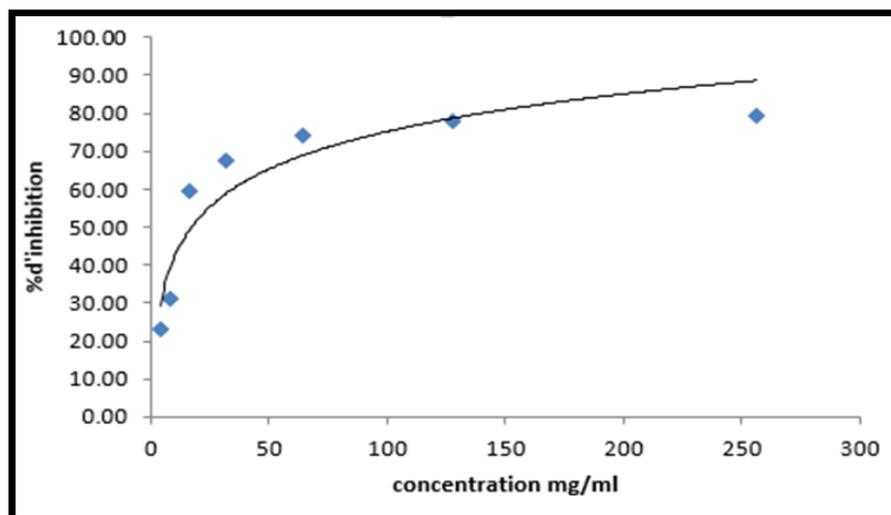


Figure 11 : Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des

## Résultats et discussion

différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de *R. officinalis* de l'échantillon E2 (Mai 2022, HS)

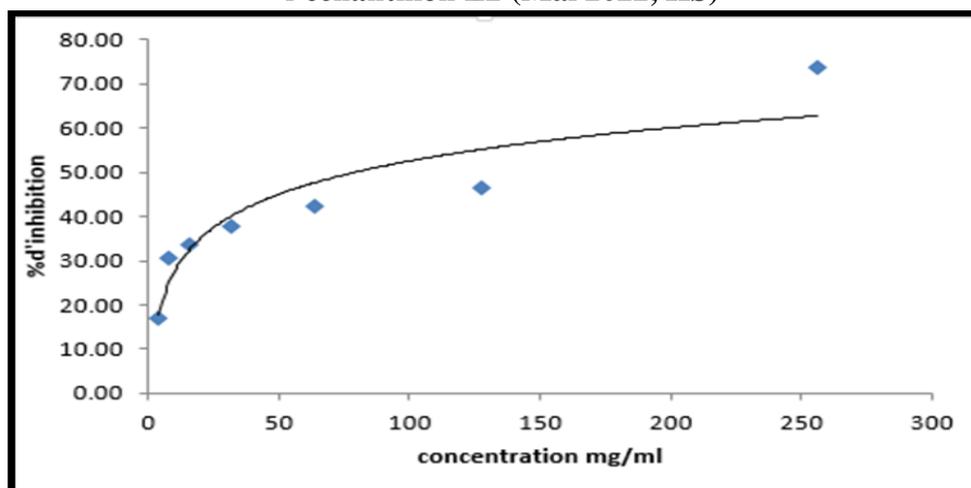


Figure 12 : Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de *R. officinalis* de l'échantillon E3 (mai 2022, HC)

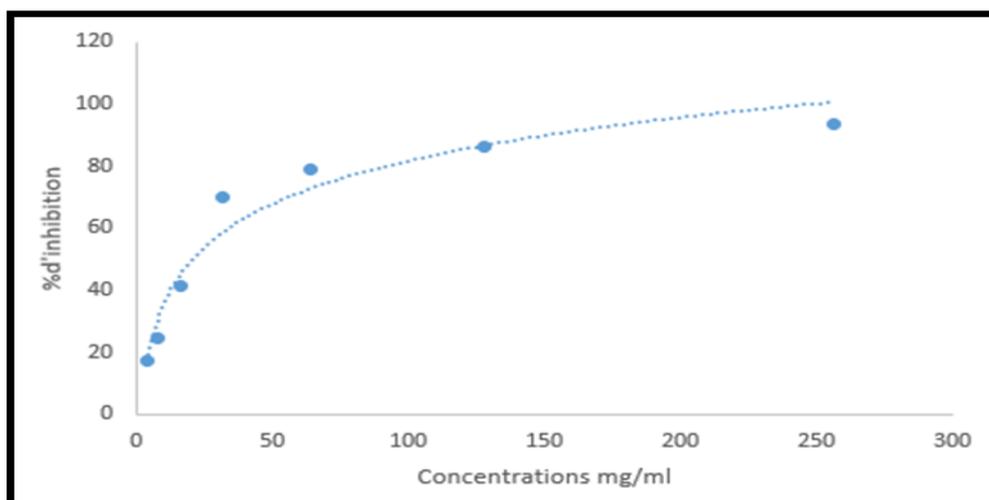


Figure 13 : Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de *R. officinalis* de l'échantillon EC1 (Béchar)

Les données des graphes, indique que l'huile essentielle de feuilles du romarin de la région de Mécheria récolté en mois de novembre 2021 (E1) montre une activité antioxydante la plus importante vis-à-vis de piégeage du radical libre DPPH, avec une valeur en pourcentage d'inhibition de l'ordre de 97,02% à une concentration de 256 mg/ml, comparable à celle de l'échantillon EC1 (93,28%), à la même concentration (Figure 13).

En revanche, les échantillons récoltés en mai présentent un pouvoir antioxydant

## Résultats et discussion

---

nettement moins important à la même concentration 256 mg/ml. En effet les pourcentages d'inhibition sont de l'ordre de 79,17% pour l'échantillon E2 (HS) et 73,77% pour l'échantillon E3 (HC) (Figures 11 et 12).

Les valeurs des  $CI_{50}$ , présentées dans le tableau 4, nous permettent de comparer l'efficacité des huiles essentielles. Nous rappelons que plus la valeur de la  $CI_{50}$  est faible plus l'huile essentielle possède un potentiel pour le piégeage des radicaux libres.

**Tableau 4 : Capacité de piégeage du radical libre DPPH par l'huile essentielle De *R. officinalis* exprimée en  $CI_{50}$ .**

Echantillons	$CI_{50}$ (mg/ml)
E1 (Novembre 2021)	14,48 ± 1,06
E2 (Mai 2022, HS)	17,12 ± 5,01
E3 (Mai 2022, HC)	79,20 ± 8.82
EC1 (Béchar)	20,66 ± 0,51
Acide ascorbique	0,02 ± 0,001

Ces données confirment ceux obtenus pour les pourcentages d'inhibition. Ainsi, l'échantillon E1 de *Rosmarinus officinalis* récolté en mois de novembre est le plus active, avec une  $CI_{50}$  de l'ordre de 14,48 ± 1,06 mg/ml.

Pour l'échantillon EC1 (Chaïb Dra, 2020), Nous avons obtenu également une  $CI_{50}$  (20,66 ± 0,51 mg/ml) comparable à celle (21,33 ± 0,51 mg/ml) de Chaïb Dra en 2020.

Pendant, nos échantillons restent nettement moins actif par rapport au composé de référence, l'acide ascorbique qui présente une très faible  $CI_{50}$  de l'ordre de 0,02 ± 0,001 mg/ml.

Très peu de travaux ont été réalisés sur l'activité antioxydante de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*.

Ainsi, nos résultats sont en accord avec ceux rapportés par Lakhel *et al.* en 2018 qui avancent que le pouvoir réducteur du radical DPPH par l'huile essentielle des feuilles de *Rosmarinus officinalis* est très faible par rapport au standards testés,  $CI_{50}$  est de l'ordre de 3,4838 ± 0,42 mg/ml, contre 0,0086 ± 0,0005 mg/ml pour BHT ; 0,006 ± 0,0001 mg/ml pour le BHA et 0,0046 ± 0,0003 mg/ml pour la vitamine C. En 2017, Bouyahya *et al.* rapportent également une faible activité antioxydante de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis*, avec une  $CI_{50}$ , de l'ordre de 523,41 ± 8,25 µg/ml contre 43,72 ± 0,32 µg/ml pour BHT, utilisé

## Résultats et discussion

---

comme composé de référence.

En revanche, **Kadri et Zarai en 2011**, rapportent que l'HE de *R. officinalis* présente une activité antioxydante modérée avec une  $CI_{50}$  de l'ordre de 110,20  $\mu\text{g/ml}$  par le test du piégeage des radicaux libres (DPPH), par comparaison au composé de référence (BHT,  $CI_{50} = 40,50 \mu\text{g/ml}$ ). De même, **Benchohra et al. en 2022** avancent que l'HE de romarin a montré une activité antioxydante modérée, avec une  $CI_{50} = 18,04 \pm 1,15 \mu\text{g/ml}$  par comparaison au standard :  $CI_{50} = 7,24 \pm 0,97 \mu\text{g/ml}$ .

En **2019**, **Hendel et al.** ont testé l'activité antioxydante de 15 échantillons de l'HE du romarin par le test du DPPH. Ils avancent que six échantillons se sont montrés très actifs ( $CI_{50}$  varient entre  $120,4 \pm 2,21$  et  $176,8 \pm 15,92 \mu\text{l/ml}$ ), avec un pouvoir antioxydant plus important que celui du trolox ( $CI_{50} = 185,21 \pm 7,23 \mu\text{l/ml}$ ), qui est considéré comme un composé de référence. Ils rapportent également un fort pouvoir antioxydant, avec une  $CI_{50}$  de l'ordre de 3,53  $\mu\text{g/ml}$ , nettement supérieure à celle du BHT  $CI_{50} = 21,21 \mu\text{g/ml}$  (**Hendel et al, 2016**). Les résultats obtenus par **Yeddes et al. en 2022** ont montré aussi une bonne activité antioxydante par le test de DPPH, avec une  $CI_{50}$  de l'ordre de  $3,87 \pm 0,21 \mu\text{g/ml}$ . Enfin, **Zaouali et al. (2010)** avancent une activité antioxydante très élevée par le test de DPPH, avec des  $CI_{50}$  variant entre  $6,0 \pm 0,5$  et  $7,0 \pm 0,5 \mu\text{l/ml}$ , plus importante que celle du contrôle positif (BHT :  $CI_{50} = 21,0 \mu\text{g/ml}$ ).

### 3.2. Etude de l'activité antifongique

Le pouvoir antifongique des huiles essentielles du *R. officinalis* a été testé vis-à-vis de trois champignons filamenteux, en utilisant la méthode de diffusion sur disque (aromatogramme) et la méthode de contact direct sur milieu gélosé en déterminant les concentrations minimales inhibitrices.

Nous avons regroupé les huiles des différents échantillons, afin de disposer de quantités suffisantes pour pouvoir effectuer la totalité des tests. L'échantillon « communelle » est le suivant : E1 (novembre 2021). Nous avons également testé deux autres échantillons « communelle » : EC1 et EC2 (récoltés dans la région de Béchar) (**Chaib Dra, 2020**).

#### 3.2.1. Détermination de l'activité antifongique par la méthode de diffusion sur disque (aromatogramme)

Les diamètres des zones d'inhibition de la croissance fongique des différentes souches filamenteuses sont résumés dans le tableau 5.

## Résultats et discussion

**Tableau 5 : Moyenne des diamètres des zones d'inhibitions (en mm) des trois échantillons de l'huile essentielle des feuilles de *R. officinalis* relatives aux moisissures selon la méthode de diffusion sur disques (moyenne  $\pm$  écart type)**

Champignons filamenteux	Contrôles positifs		Huile essentielle (15 $\mu$ l/disque)			Contrôle négatif DMSO 20 $\mu$ l/disque
	FLU 25 $\mu$ g/disque	AMB 20 U/disque	E1	EC1	EC2	
<i>Aspergillus flavus</i>	6,0 $\pm$ 0,0	6,0 $\pm$ 0,0	12,7 $\pm$ 2,5	12,0 $\pm$ 1,6	15,3 $\pm$ 2,1	6,0
<i>Aspergillus fumigatus</i>	6,0 $\pm$ 0,0	15,0 $\pm$ 0,8	39,0 $\pm$ 3,0	45,0 $\pm$ 3,0	47,3 $\pm$ 1,9	6,0
<i>Fusarium oxysporum</i>	6,0 $\pm$ 0,0	6,0 $\pm$ 0,0	6,0 $\pm$ 0,0	15,0 $\pm$ 1,6	10,5 $\pm$ 0,5	6,0

FLU : Fluconazole

AMB : Amphotéricine B

DMSO : Diméthylsulfoxyde

Les résultats rapportés dans le tableau 5, nous permettent de comparer entre les trois espèces de moisissures ayant subi un traitement avec trois échantillons d'huile essentielle du romarin. Les résultats obtenus montrent que les trois échantillons testés se sont révélés actifs vis-à-vis de tous les moisissures avec des diamètres des zones d'inhibition variant entre 12,0 et 47,3 mm, à l'exception de *Fusarium oxysporum* (**Photo 5**) s'est avéré très résistant à l'huile essentielle de l'échantillon E1.

Par ailleurs, nous avons constaté qu'*Aspergillus fumigatus* (**Photo 6**) s'est montré le plus sensible vis-à-vis des trois échantillons testés avec des diamètres des zones d'inhibition variant entre de 39,0 et 47,3 mm.

De même, l'échantillon EC2 s'est montré actif vis-à-vis d'*Aspergillus flavus*, avec un diamètre de la zone d'inhibition, de l'ordre de 15,3 mm (**Photo 7**). Par contre, *Fusarium oxysporum* s'est révélé sensible à l'huile essentielle de l'échantillon EC1, avec un diamètre de la zone d'inhibition, de l'ordre de 15,0 mm.

Ces résultats confirment ceux de **Hendel et al. (2019)** qui rapportent une très faible activité de 15 échantillons d'huile essentielle des parties aériennes de *R. officinalis* vis-à-vis de 8 souches filamenteuses (*Aspergillus niger*, *A. westerdijkiae*, *A. flavus*, *A. parasiticus*, *Penicillium sp.*, *P. frequentans*, *Fusarium oxysporum* et *Alternaria alternata*), avec des zones d'inhibition variant entre 7,0 et 13,6 mm. Ils avancent également que la souche fongique *Fusarium oxysporum* s'est avérée la plus sensible vis-à-vis des 15 échantillons testés, avec des diamètres des zones d'inhibition variant entre 7,3 et 13,6 mm.

## Résultats et discussion

---



Photo 5 : Résistance du *Fusarium oxysporum* vis-à-vis l'échantillon E1 de l'huile essentielle de *R*.



Photo 6 : Inhibition élevée d'*Aspergillus fumigatus* par l'échantillon E1 de l'huile essentielle de *R*.

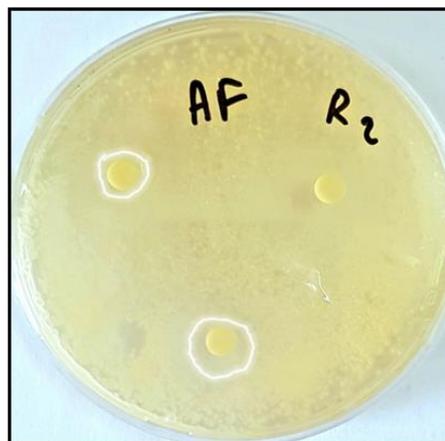


Photo 7 : Inhibition modérée d'*Aspergillus flavus* par l'échantillon EC2 de l'huile essentielle de *R. officinalis*

## Résultats et discussion

### 3.2.2. Détermination des concentrations minimales inhibitrices par la méthode du contact directe en milieu gélosé

Nous avons également déterminé les concentrations minimales inhibitrices par la méthode de contact direct en milieu gélosé. Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau 6.

**Tableau 6 : Concentrations minimales inhibitrices (CMI) de l'huile essentielle de *R. officinalis* des trois échantillons relatives aux moisissures testées selon la méthode du contact direct**

Champignons filamenteux	Echantillon E1 (µl/ml)	Echantillon EC1 (µl/ml)	Echantillon EC2 (µl/ml)
<i>Aspergillus flavus</i>	> 3	> 3	> 3
<i>Aspergillus fumigatus</i>	3	3	3
<i>Fusarium oxysporum</i>	> 3	> 3	> 3

Selon **Teixeira et al.** en **2005**, toute huile essentielle présentant des CMI inférieures à 2000 µg/ml est considérée avoir un potentiel antimicrobien. Une interprétation globale des résultats montre une concordance entre les valeurs des CMI et celles des diamètres des zones d'inhibition obtenus.

Ainsi, tous les échantillons testés se sont montrés actifs contre le champignon filamenteux, à savoir : *Aspergillus fumigatus* (**Photos 8, 9 et 10**), avec une CMI de l'ordre de 3 µl/ml. Cependant, cette sensibilité reste modérée.

En revanche, les autres souches fongiques (*A. flavus* et *F. oxysporum*, (**Photos 11 et 12**)) se sont montrées résistantes aux huiles essentielles des trois échantillons, même à une CMI de l'ordre de 3 µl/ml.

Par comparaison de nos résultats avec ceux de **Ben Kaab et al.** en **2019** qui ont déterminé l'activité antifongique de l'huile essentielle des feuilles et de fleurs de *R. officinalis*, contre trois souches filamenteuses, notamment *Fusarium oxysporum*, nous avons constaté que nos huiles essentielles sont plus actives. En effet, ces auteurs ont noté une activité antifongique très faible, avec des pourcentages d'inhibition de l'ordre 100%, mais à une concentration de 6 µl/ml. De même, **Hendel et al.** (**2019**) ont noté une faible activité de l'huile essentielle des parties aériennes de 15 échantillons de romarin prélevés dans plusieurs stations en Algérie, vis-à-vis de plusieurs souches fongiques, notamment *Fusarium*

## Résultats et discussion

---

*oxysporum* et *Aspergillus flavus*, avec des CMI's supérieures à 2 µl/ml.



Photo 8 : Sensibilité d'*Aspergillus fumigatus* à l'échantillon E1 de l'huile essentielle de *R. officinalis* à la concentration de 3 µl/ml

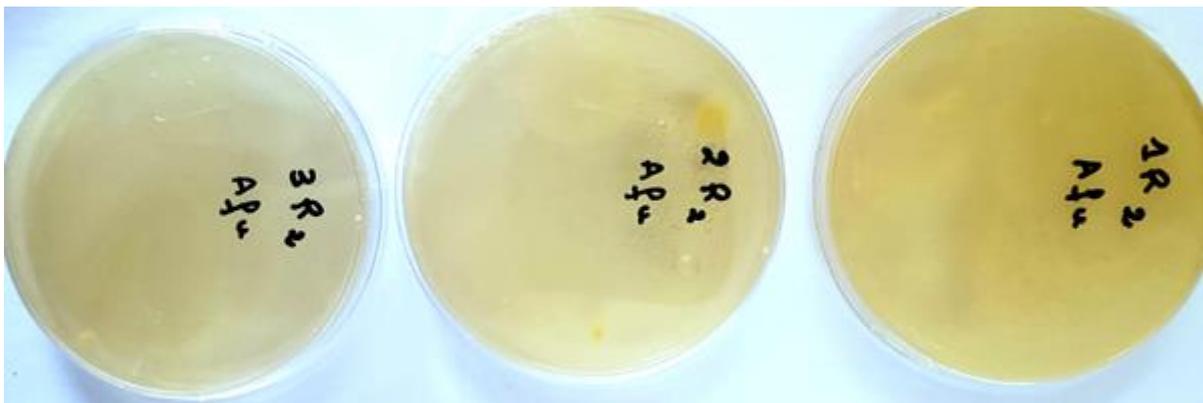


Photo 9 : Sensibilité d'*Aspergillus fumigatus* à l'échantillon EC2 de l'huile essentielle de *R. officinalis* à la concentration de 3 µl/ml



Photo 10 : Sensibilité d'*Aspergillus fumigatus* à l'échantillon EC1 de l'huile essentielle de

## Résultats et discussion

---

*R. officinalis* à la concentration de 3 µl/ml



Photo 11 : Résistance d'*Aspergillus flavus* à l'échantillon EC2 de l'huile essentielle de *R. officinalis*



Photo 12 : Résistance de *Fusarium oxysporum* à l'échantillon EC1 de l'huile essentielle de *R. officinalis*

## ***Conclusion***

---

De nos jours, les huiles essentielles sont des substances très sollicités dans divers domaines de la thérapeutique médicale.

Dans ce contexte, nous sommes intéressés à plusieurs aspects liés à la valorisation de l'espèce végétale, à savoir le *Rosmarinus officinalis* poussant spontanément dans la région de Mécheria (willaya de Naâma), en déterminant les teneurs en huiles essentielles des feuilles, ainsi que leur pouvoir antifongique et antioxydant.

Nous avons prélevé 27 échantillons (17 au mois de novembre 2021 et 10 au mois de mai 2022) sur des pieds individuels.

Dans la première étape, nous avons procédé à l'extraction des huiles essentielles par simple hydrodistillation et par hydrodistillation avec un appareil de type Clevenger. Les feuilles de cette espèce végétale sont riches en huiles essentielles, avec des rendements variant entre 0,7% et 2,49% pour le mois de novembre et 1,3% et 2,76% pour le mois de mai. Cependant, nous avons constaté que la moyenne des rendements obtenue en mois de mai est de l'ordre de 2,3%, nettement supérieure à celle obtenue en mois de novembre (1,71%).

Dans un second temps, nous avons évalué les activités biologiques de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* : la capacité antioxydante par le test de DPPH. L'échantillon « communelle » E1 récolté en novembre, s'est montré le plus actif, avec une  $CI_{50}$  de l'ordre de  $14,48 \pm 1,06$  mg/ml, mais qui reste faible par rapport au composé de référence, l'acide ascorbique ( $CI_{50} = 0,02 \pm 0,001$  mg/ml).

Ensuite, l'activité antifongique a été évaluée par la méthode du contact direct et la méthode de diffusion sur disque. Elles reposent sur le même principe, celui de confronter la substance (huile essentielle du *Rosmarinus officinalis*) et l'agent pathogène *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus* et *Fusarium oxysporum* sur un support artificiel (le milieu PDA).

Les résultats obtenus ont montré qu'*Aspergillus fumigatus* s'est avéré le plus sensible à l'huile essentielle du romarin vis-à-vis des trois échantillons testés, avec des diamètres des zones d'inhibition de 39,0 et 47,3 mm, alors que *Fusarium oxysporum* s'est révélé très résistant à l'huile essentielle de l'échantillon E1, avec un diamètre de la zone d'inhibition de l'ordre de 6 mm. Par contre, nous avons noté une bonne sensibilité pour *Aspergillus flavus* vis-à-vis de l'huile essentielle de l'échantillon EC2 avec un diamètre de la zone d'inhibition de 15,3 mm.

Concernant la méthode de contact direct en milieu gélosé, tous les échantillons testés se sont montrés actifs contre le champignon filamentueux, à savoir : *Aspergillus fumigatus*, avec une CMI de l'ordre de 3  $\mu$ l/ml. Cependant, cette sensibilité reste modérée.

## ***Conclusion***

---

En revanche, les autres souches fongiques se sont montrées résistantes aux huiles essentielles des trois échantillons, même à une CMI de l'ordre de 3  $\mu\text{l/ml}$ .

Toutefois, il serait intéressant aussi de compléter cette étude par :

- La caractérisation chimique de l'huile essentielle du romarin des différents échantillons ;
- Une analyse statistique de la composition des différents échantillons afin de mettre en évidence une éventuelle variabilité chimique ;
- L'évaluation d'autres activités biologiques : anti-inflammatoires ... ;

Il serait intéressant aussi d'isoler les molécules bioactives pour la recherche d'un remède naturel et trouver de nouvelles applications thérapeutiques.

## Références bibliographiques

---

Anonyme 1: <http://www.botany.hawaii.edu/>

Anonyme2: <https://www.svt-tanguy-jean.com/uploads/1/2/0/4/120408978/tb-tp-5-4-biodiversite-angiospermes-etudiant2.pdf>

Anonyme3:<https://www.quelleestcetteplante.fr/especes.php?genre=Rosmarinus&variete=officinalis>

Anonyme 4: <https://www.mdpi.com/2079-9284/7/4/77>

**Kadri, A., Zarai, Z. (2011).** Chemical constituents and antioxidant properties of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil cultivated from the South-Western of Tunisia. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(29).

**Abdoul-Latif, M. (2021).** Evaluation of the antibacterial activity of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. from Khenifra (Middle atlas of Morocco).10.

**Ait-Ouazzou, A., Lorán, S., Bakkali, M., Laglaoui, A., Rota, C., Herrera, A., Pagán, R., Conchello, P. (2011).** Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Thymus algeriensis*, *Eucalyptus globulus* and *Rosmarinus officinalis* from Morocco: Antimicrobial activity of Moroccan essential oils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(14), 2643-2651.

**Amri, I., Hamrouni, L., Hanana, M., Jamoussi, B., Lebdi, K. (2014).** Essential oils as biological alternatives to protect date palm (*Phoenix dactylifera* L.) against *Ectomyeloisceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Chilean journal of agricultural research*, 74(3), 273-279.

**Aouadi, M., Sebai, E., Saratsis, A., Kantzoura, V., Saratsi, K., Msaada, K., Sotiraki, S., Akkari, H. (2021).** Essential oil of *Rosmarinus officinalis* induces *in vitro* anthelmintic and anticoccidial effects against *Haemonchus contortus* and *Eimeria* spp. In small ruminants. *Veterinárni Medicína*, 66(No. 4), 146-155.

**Arvy, M.P., Gallouin, F. (2015).** *Épices, aromates et condiments*. Ed. Belin, France, 412p.

**Belkhodja, H., Meddah, B., Touil, A.T., Şekeroğlu, N., Sonnet, P. (2016).** Chemical composition and properties of essential oil of *Rosmarinus officinalis* and *Populus alba*. *World Journal of Pharmacology*, 5041, 108-119.

**Benazzouz, A.C., Deurwaerdère, P.D., Delaville, (2011).** Noradrenaline and Parkinson's disease. *Frontiers in systems neuroscience*, 5, 31.

**Boukef, K. (2006).** Chemical composition and antibacterial and antimutagenic activity of Tunisian *Rosmarinus officinalis* L. oil from Kasrine. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 4.

**Boutabia, L., Telalia, S., Bouguteuf, I., Guenadil F., Chefrou, A. (2016)** Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* L. de la région de Hammamet (Tébessa-Algérie). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 85 : 174-189.

## Références bibliographiques

---

- Boutekedjiret, C., Bentahar, F., Belabbes, R., Bessiere, J.M. (2003).** Extraction of Rosemary essential oil by steam distillation and hydrodistillation ». *Flavour and Fragrance Journal*, 18, n° 6 : 481-84.
- Boutekedjiret, C., Bentahar, F., Belabbes, R., Bessiere., J.M (1998).** The Essential Oil from *Rosmarinus Officinalis* L. in Alegria. *Journal of Essential Oil Research*, 10, n° 6 : 680-82.
- Bouyahya, A., Et-Touys, A., Bakri, Y., Talbau, A., Fellah, H., Abrini, J., Dakka, N. (2017).** Chemical Composition of *Mentha Pulegium* and *Rosmarinus officinalis* essential oils and their antileishmanial, antibacterial and antioxidant activities. *Microbial Pathogenesis*, 111: 41-49.
- Casanova, J., Tomi, F. (2018).** Spécificité de l'huile essentielle de romarin spontané (*Rosmarinus officinalis* L.) de Corse et de Sardaigne. ISTE Ltd. London, UK, 18.
- Chahboun, N., Esmail, A., Rhaiem, N., Abed, H., Amiyare, R., Barrahi, M., Berrabeh, M., Oudda, H., Ouhssine, M. (2014).** Extraction and study of the essential oil *Rosmarinus officinalis* Cuellie in the Region of Taza, Morocco. 7.
- Chaib Dra G. (2020)** Composition et activités biologiques de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* (Klil) de la région de Béchar. Mémoire de Master en Biologie, Université de Tlemcen, 64p.
- Chémat, F., Fernandez, X. (2012).** *La Chimie des Huiles Essentielles : Tradition et Innovation*. Vuibert : Paris, France, 274p.
- Couplan, F. (2012).** *Les plantes et leurs noms : Histoires insolites*. Les plantes et leurs noms. Ed. Quae, France, 224p.
- Djeddi, S., Bouchenah, N., Settar, I., Skaltsa, H.D. (2007).** Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oil of *Rosmarinus officinalis* from Alegria. *Chemistry of Natural Compounds*, 43, n° 4 : 487-90.
- Dupont, F., Guignard, F. (2015).** *Botanique : Les familles de plantes*. Elsevier Health Sciences, 336p.
- El Kharraf, S., Abdellah, F., El Mestafa El Hadrami, El Guendouz, S., Lourenço, J.P., Rosa Costa, A.M., Miguel, M.G. (2021).** Encapsulation of *Rosmarinus officinalis* Essential Oil in B-cyclodextrins. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45, n° 10.
- Elyemni, M., El Ouadrhiri, F., Lahkimi, A., Elkamli, T., Bouia, A., Eloutassi, N. (2022).** Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oil of Wild and Cultivated *Rosmarinus officinalis* from Two Moroccan Localities. *Journal of Ecological Engineering*, 23(3), 214-222.
- Fleurentin, J., Hayon, J.-C. (2016).** *Du bon usage des plantes qui soignent*. Ouest-France.
- Gilly, G. (2005).** Les plantes aromatiques et huiles essentielles à Grasse : Botanique-Culture-Chimie-Production et marché. *Les plantes aromatiques et huiles essentielles à Grasse*, 418p.
- Goetz, P., Ghedira, K. (2012).** *Phytothérapie anti-infectieuse*. Springer, 175p.

## Références bibliographiques

---

- Hafoud, S., Abed, A. (2020).** Composition et activités biologiques de l'huile essentielle de *Rosmarinus officinalis* (Klil) de la région d'Adar. Mémoire de Master en Biologie, Université de Tlemcen, 35p.
- Hammad, L., Himed, L. (2020).** Synthèse sur les activités biologiques de *Rosmarinus officinalis* L. Thèse de Doctorat, Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou, 83p.
- Hannour, K., Boughdad, A., Maataoui, A., Bouchelta, A. (2018).** Chemical composition of *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae) essential oils and evaluation of their toxicity against *Bruchus rufimanus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) in Morocco. *International Journal of Tropical Insect Science*, 38(03), 192-204.
- Hcini, K., Sotomayor, J. A., Jordan, M. J., Bouzid, S. (2013).** Chemical Composition of the Essential Oil of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) of Tunisian Origin. *Asian Journal of Chemistry*, 25(5), 2601-2603.
- Hendel, N., Napoli, E., Sarri, M., Saija, A., Cristani, M., Nostro, A., Ginestra, G., Ruberto, G. (2019).** Essential Oil from Aerial Parts of Wild Algerian Rosemary: Screening of Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidant Activities. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 22(1).
- Huete, A. (2007).** *Huiles essentielles pour tous les jours*. Ed. Artémis, France, 412p.
- Iserin, P. (2007).** *Larousse des plantes médicinales*. Ed. Larousse, Paris, France, 335p.
- Jardak, M., Elloumi-Mseddi, J., Aifa, S., Mnif, S. (2017).** Chemical composition, anti-biofilm activity and potential cytotoxic effect on cancer cells of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil from Tunisia. *Lipids in Health and Disease*, 16(1), 190.
- Kabouche, Z. N., Boutaghane, S., Laggoune, A., Kabouche, Z., Aitkaki, Benlabed, K. (2005).** Comparative Antibacterial Activity of Five Lamiaceae essential oils from Algeria. *International Journal of Aromatherapy*, 15, n° 3 : 129-33.
- Kremer, B. P., Steinbach, G., Oftring, B. (2011).** *Arbres & arbustes*. Rossolis, France, 384p.
- Ksouri, S., Djebir, S., Bentorki, A. A., Gouri, A., Hadeif, Y., Benakhla, A. (2017).** Antifungal activity of essential oils extracts from *Origanum floribundum* Munby, *Rosmarinus officinalis* L. and *Thymus ciliatus* Desf. against *Candida albicans* isolated from bovine clinical mastitis. *Journal de Mycologie Médicale*, 27(2), 245-249.
- Lakehal, S., Chaouia, C., Benrebiha, F.Z. (2018).** Antibacterial and Antioxidant Activities of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) Essential Oil Growing in Djelfa (Algeria). In Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions, édité par Amjad Kallel, Mohamed Ksibi, Hamed Ben Dhia, Nabil Khélifi, 1253-54. Advances in Science, Technology & Innovation. Cham : Springer International Publishing.
- Lograda, T., Ramdani, M., Chalard, P., Figueredo, G. (2013).** Characteristics of essential oils of *Rosmarinus officinalis* from Eastern Algeria. *Global Journal of Research on Medicinal Plants & Indigenous Medicine*, 2(12), 794.

## Références bibliographiques

---

- Marzouk, Z., Neffati, A., Marzouk, B., Cheraief, I., Khemiss, F., Chekir-Ghedira, L., Boukef, K. (2006). Chemical composition and antibacterial and antimutagenic activity of Tunisian *Rosmarinus officinalis* L. oil from Kasrine. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 4.
- Mathlouthi, N., Bouzaienne, T., Oueslati, I., Recoquillay, F., Hamdi, M., Urdaci, M., Bergaoui, R. (2012). Use of rosemary, oregano, and a commercial blend of essential oils in broiler chickens: *In vitro* antimicrobial activities and effects on growth performance1. *Journal of Animal Science*, 90(3), 813-823.
- Mattazi, N., Farah, A., Fadil, M., Chraibi, M., Fikri, K. (2015). Essential oils analysis and antibacterial activity of the leaves of *Rosmarinus officinalis*, *Salvia officinalis* and *Mentha piperita* cultivated in Agadir (Morocco). *Bacillus subtilis*, 7(9), 8.
- Mouas, Y., Benrbiha, F.Z., Chaouia, C. (2017). Evaluation de l'activité antibactérienne de l'huile essentielle et de l'extrait méthanolique du romarin. 8.
- Moumni, S., Elaissi, A., Trabelsi, A., Merghni, A., Chraief, I., Jelassi, B., Chemli, R., et Ferchichi, S. (2020). Correlation between chemical composition and antibacterial activity of some Lamiaceae species essential oils from Tunisia. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 20(1), 103.
- Moussi, I., Kaotar, N., Timinouni, M., Jamal, J., Filali, H., Hakkou, F. (2020). Synergistic Antibacterial Effects of Moroccan Artemisia *Herba Alba*, *Lavandula Angustifolia* and *Rosmarinus officinalis* Essential Oils. *Synergy*, 10 : 100057.
- Oualdi, I., Brahmi, F., Mokhtari, O., Abdellaoui, S., Tahani, A., Oussaid, A. (2021). *Rosmarinus officinalis* from Morocco, Italy and France: Insight into chemical compositions and biological properties. *Materials Today: Proceedings*, 45, 7706-7710.
- Pfaller, M. A., Messer, S. A., Karlsson, Å., Bolmstrom, A. (1998). Evaluation of the Etest method for determining fluconazole susceptibilities of 402 clinical yeast isolates by using three different agar media. *Journal of clinicalmicrobiology*, 36(9), 2586-2589.
- Quézel, P., Santa, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionale. Tome II Edition, CNRS, Paris, 1169p.
- Rombi, M., Robert, D. (2007). *Cent vingt plantes médicinales : composition, mode d'action et intérêt thérapeutique :de l'ail à la vigne rouge*. Ed. Alpen. Monaco, 527p.
- Sarmoum, R., Haid, S., Biche, M., Djazouli, Z., Zebib, B., Merah, O. (2019). Effect of Salinity and Water Stress on the Essential Oil Components of Rosemary (*Rosmarinus Officinalis* L.) ». *Agronomy*, 9, n° 5 : 214.
- Sarr, S., Fall, A., Gueye, R., Diop, A., Diatta, K., Diop, N., Ndiaye, B., Diop, Y. (2015). Etude de l'activité antioxydante des extraits des feuilles de *Vitex doniana* (Verbenacea). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(3), 1263.
- Small, E., Deutsch, G. (2001). *Herbes culinaires pour nos Jardins de Pays Froid*. NRC research press. Publié conjointement par les press scientifiques du CNRC et Ismant peony press. Canada, 193p.

## ***Références bibliographiques***

---

**Touafek, O., Nacer, A., Kabouche, A., Kabouche, Z., et Bruneau. C. (2004).** Chemical Composition of the Essential Oil of *Rosmarinus officinalis* Cultivated in the Algerian Sahara ». *Chemistry of Natural Compounds*, 40, n° 1 : 28-29.

**Yeddes, W., Aidi Wannes, W., Hammami, M., Smida, M., Chebbi, A., Marzouk, B., Saidani Tounsi, M. (2018).** Effect of Environmental Conditions on the Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oils from *Rosmarinus officinalis* L. Growing Wild in Tunisia. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21(4), 972-986.

**Yeddes, W., Ouerghemmi, I., Hammami, M., Gadhoumi, H., Affes, T. G., Nait Mohamed, S., Aidi-Wannes, W., Witrowa-Rajchert, D., Saidani-Tounsi, M., Nowacka, M. (2022).** Optimizing the Method of Rosemary Essential Oils Extraction by Using Response Surface Methodology (RSM)-Characterization and Toxicological Assessment. *Sustainability*, 14(7), 3927.

**Zaouali, Y., Boussaid, M. (2008).** Isozyme markers and volatiles in Tunisian *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae): A comparative analysis of population structure. *Biochemical Systematics and Ecology*, 36(1), 11-21.

**Zaouali, Y., Bouzaine, T., Boussaid, M. (2010).** Essential oils composition in two *Rosmarinus officinalis* L. varieties and incidence for antimicrobial and antioxidant activities. *Food and Chemical Toxicology*, 48(11), 3144-3152.

**Zaouali, Y., Chograni, H., Trimech, R., Boussaid, M. (2012).** Genetic diversity and population structure among *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae) varieties: *Var. typicus* Batt. and *var. troglodytorum* Maire. based on multiple traits. *Industrial Crops and Products*, 38, 166-176.

**Zaouali, Y., Messaoud, C., Salah, A. B., Boussaïd, M. (2005).** Oil composition variability among populations in relationship with their ecological areas in Tunisian *Rosmarinus officinalis* L. *Flavour and Fragrance Journal*, 20(5), 512-520.

**Zineddine, R., Bessas, A., Msela, A. (2021).** Chemical composition and antibacterial activity of *Rosmarinus officinalis* essential oil from Algeria.

**Zouaoui, N., Chenchouni, H., Bouguerra, A., Massouras, T., Barkat, M. (2020).** Characterization of volatile organic compounds from six aromatic and medicinal plant species growing wild in North African dry lands. *NFS Journal*, 18, 19-28.

**Zoubiri, S., Baaliouamer, A. (2011).** Chemical composition and insecticidal properties of some aromatic herbs essential oils from Algeria. *Food Chemistry*, 129(1), 179-182.

**Tableau 1** : Rendements (en%) en huile essentielle des feuilles de *R. officinalis* récoltées en mois de novembre 2021

Echantillons	Poids (g) (Matériel végétal)	Poids des huiles essentielles (g)	Rendements (%)
<b>E 1</b>	52,00	0,90	1,73
<b>E2</b>	42,70	0,30	0,70
<b>E 3</b>	49,90	0,60	1,20
<b>E4</b>	43,49	0,90	2,10
<b>E 5</b>	50,70	0,50	1,00
<b>E 6</b>	35,80	0,70	1,95
<b>E 7</b>	51,80	0,90	1,73
<b>E 8</b>	43,50	1,00	2,29
<b>E 9</b>	36,10	0,90	2,49
<b>E 10</b>	37,89	0,90	2,37
<b>E 11</b>	33,70	0,80	2,37
<b>E 12</b>	77,70	1,60	2,05
<b>E 13</b>	46,59	0,40	0,85
<b>E 14</b>	31,60	0,60	1,89
<b>E 15</b>	83,60	1,10	1,31
<b>E 16</b>	47,50	0,80	1,68
<b>E 17</b>	59,70	0,80	1,34
<b>Moy ± ET</b>	1,71± 0,56		

**E** : Echantillon, **Moy** : Moyenne, **ET** : Ecart type

**Tableau 2 :** Rendements (en%) en huile essentielle des feuilles de *R. officinalis* récoltées au mois de mai 2022

Echantillons	Poids (g) (Matériel végétal)	Poids des huiles essentielles (g)	Rendement (%)
E1	192,89	4,60	2,38
E2	304,00	4,10	1,30
E3	263,20	4,80	1,82
E4	151,00	4,10	2,71
E5	120,00	2,70	2,25
E6	204,90	2,80	1,37
E7	100,20	1,90	1,90
E8	235,20	6,50	2,76
E9	235,40	4,90	2,08
E10	210,50	4,80	2,28
<b>Moy ± ET</b>	<b>2,09 ± 0,50</b>		

**E :** Echantillon, **Moy :** Moyenne, **ET :** Ecart type

**Tableau 3 :** Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de *R. officinalis* de l'échantillon E2 (HS)

Concentrations	DO 1	DO 2	Moyenne DO	% d'inhibition
4	0,04	0,04	0,04	22,92
8	0,04	0,03	0,03	31,25
16	0,02	0,02	0,02	59,38
32	0,02	0,01	0,02	67,71
64	0,01	0,01	0,01	73,96
128	0,01	0,01	0,01	78,13
256	0,01	0,01	0,01	79,17

**Tableau 4 :** Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de *R. officinalis* de l'échantillon E3 (HC)

Concentrations	DO 1	DO 2	Moyenne DO	% d'inhibition
4	0,10	0,10	0,10	16,80
8	0,08	0,09	0,09	30,74
16	0,08	0,08	0,08	33,61
32	0,07	0,08	0,08	37,70
64	0,07	0,07	0,07	42,21
128	0,07	0,06	0,07	46,31
256	0,03	0,03	0,03	73,77

**Tableau 5 :** Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de *R. officinalis* de l'échantillon E1 (Novembre 2021)

Concentration	DO 1	DO2	Moy DO	% d'inhibition
4	0,16	0,15	0,15	20,73
8	0,14		0,14	30,05
16	0,10		0,09	51,30
32	0,04		0,04	77,20
64	0,01	0,01	0,01	89,50
128	0,01	0,01	0,01	94,12
256	0,01	0,01	0,01	97,02

**Tableau 6 :** Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'huile essentielle des feuilles de *R. officinalis* de l'échantillon EC1

Concentrations	DO 1	DO 2	Moy DO	% d'inhibition
4		0,16	0,16	17,10
8	0,14	0,15	0,15	24,35
16	0,11		0,11	41,45
32	0,03	0,04	0,04	70,17
64	0,03	0,03	0,03	78,99
128	0,02	0,02	0,02	86,13
256	0,01	0,01	0,01	93,28