

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

Université Saad Dahlab Blida 1

Faculté Des Sciences

Département De Chimie



Mémoire Présenté Par

Mesbah Abdelhak et Younes Abderrezak

**THEME**

**Étude et évaluation de l'activité  
antioxydante de l'huile essentielle de  
*Myrtus comminus* des deux régions  
(Blida et Bejaia)**

Soutenu le 13/10/2020

**MEMBRES DU JURY :**

Dr. Sabour. S	MCB	Université Blida 1	Président
Dr. Mezrag. A	MCB	Université Blida1	Examineur
Dr. Abdallah el hadj. A	MCA	Université Blida1	Promoteur
Mr. Ait yahia .A	MAA	Université Blida1	Co-promoteur

**Promotion 2019/2020**

## **REMERCIEMENTS**

*En tout premier lieu, nous remercions Allah le Dieu unique pour être notre meilleur confident, merci de nous avoir guidés, de nous avoir donné aussi la volonté et la force pour dépasser toutes les difficultés pour la réalisation de ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier tout d'abord notre encadreur le docteur A. Abdallah el hadj et le Co-promoteur Mr A. Ait-yahia pour le temps qu'ils ont consacré à nous apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de cette recherche.*

*Nos remerciements s'adressent également aux membres de jury Dr. Sabour. S et Dr. Mezrag. A d'avoir accepté d'évaluer ce travail.*

*Que tous ceux, et ils sont nombreux qui de près ou de loin, ont participé à la réalisation de ce travail trouvent également ici l'expression de notre très profonde gratitude.*

## ***Dédicaces***

*Je ne trouve aucun mot ou expression, qui vont exprimer mes vifs sentiments de gratitude et remerciements je dédie ce travail*

### ***A ma mère***

*«Tu m'a donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir. Tous ce que je peux offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte. En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée.»*

### ***A mon père***

*«L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments, que Dieu te préserve et te procure santé et longue vie. »*

### ***A mon frère et ma sœur***

*Pour leur affection, compréhension et amour.*

### ***A mes chers amis***

### ***A mon binôme***

*Mesbah abdelhak*

*A toute ma famille, Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour*

*Que ce travail soit possible, je vous dis merci.*

***Abderrezak***

## ***Dédicaces***

### ***A mes chers parents***

*Sources de mes joies, secrets de ma force*

*Vous serez toujours le modèle*

*Papa, dans ta détermination, ta force et ton honnêteté*

*Maman dans ta bonté, ta patience et ton dévouement pour nous*

*Merci pour tous vos sacrifices pour que vos enfants grandissent et prospèrent*

*Merci de trimer sans relâche, malgré les péripéties de la vie*

*Merci d'être tout simplement mes parents*

*C'est à vous que je dois ce travail*

*Et je suis fier de vous l'offrir.*

### ***A Mes frères et mes sœurs***

*Je t'exprime à travers ce travail mes sentiments de*

*Fraternité et d'amour.*

*Amine ,Abderrahmane ,Amina ,Nadia, Zohra ,Safia*

### ***A mes fidèles amis***

*Ahmed et Abdelhak*

### ***A mon binôme***

*Abderrezak .*

*Que ce travail soit une part de ma reconnaissance envers vous.*

***Abdelhak***

## **Résumé :**

Le but de ce travail est la détermination de l'activité antioxydante de l'huile essentielle récupérée à partir de plante médicinale.

La plante étudiée s'appelle *Myrtus comminus* a été récoltée de deux zones différentes zone de Blida et zone Bejaia.

L'extraction des huiles essentielles a été effectuée par le procédé d'hydrodistillation en utilisant le montage de cleverger .

L'évaluation de l'activité antioxydante est déterminée à l'aide du test de DPPH. Les résultats obtenus montrent que l'huile essentielle de Bejaia a une activité antioxydante élevée  $IC_{50} = 2.2 \text{ mg/ml}$  par rapport à Blida ( $IC_{50} = 3.5 \text{ mg/ml}$ )

Cette étude est valorisée en menant une comparaison avec l'activité antioxydante de l'acide ascorbique (vitamine C) ( $IC_{50} = 0.0015 \text{ mg/ml}$ )

En conclusion les résultats de cette étude montrent que notre plante a une activité antioxydante plus faible par rapport à l'acide ascorbique ( $IC_{50} = 0.0015 \text{ mg/ml}$ )

## **Mot clé :**

Activité antioxydante, Hydrodistillation, Huiles essentielles ,  $IC_{50}$ , DPPH

## ***Abstract***

The aim of this work is to determine the antioxidant activity of essential oils recovered from medicinal plants.

The studied plant is called *Myrtus comminus* and it was collected from two different zones: Blida and Bejaia zone.

The recovery of essential oils was carried out using a hydrodistillation process using the clevenger assembly.

The evaluation of the antioxidant activity is determined using the DPPH test. The results obtained show that the essential oil extracted from plant of Bejaia has antioxidant activity ( $IC_{50} = 2.2$ ) compared from plant of Blida ( $IC_{50} = 6.2$ ).

This study is enhanced by conducting a comparison with the antioxidant activity of Vitamin C ( $IC_{50} = 0.0015$ )

In conclusion, the results of this study are significant in comparison with the antioxidant activity of ascorbic acid ( $IC_{50} = 0.0015$ ).

**Key words :** Antioxidant activity, hydrodistillation, ,  $IC_{50}$ , DPPH. Essential oil

## الملخص

الهدف من هذا العمل هو تحديد النشاط المضاد للأكسدة للزيوت الأساسية المستخلصة من نبات طبي يسمى النبات المدروس *Myrtus comminus* لقد تم حصادهم من منطقتين مختلفتين منطقة البليدة و منطقة بجاية تم إجراء استخراج الزيت العطري من خلال عملية التقطير المائية باستخدام جهاز Clevenger باستخدام اختبار DPPH تم تحديد تقييم نشاط مضادات الأكسدة. النتائج التي تم الحصول توضح ان زيت بجاية الأساسي له نشاط مضاد للأكسدة مهم جدا  $IC_{50}=2.2\text{mg/ml}$  بالمقارنة مع بالنشاط المضاد للأكسدة للزيت العطري للبليدة  $IC_{50}=3.5\text{mg/ml}$  تم تقييم هذه الدراسة من خلال إجراء مقارنة مع النشاط المضاد للأكسدة للاسيد اسكوربيك (فيتامين س)  $IC_{50}=0.001\text{mg/ml}$  في الختام فإن نتائج هذه الدراسة تثبت لنا ان هذا الزيت ليس عنده نشاط مضاد للأكسدة قوي جدا بالمقارنة مع اسيد اسكوربيك (للفيتامين س) .

## كلمات مفتاحيه

النشاط المضاد للأكسدة .التقطير المائي. نبات طبي. DPPH. $IC_{50}$

## Listes des tableaux :

Tableau I.1 : La composition d'une huile essentielle et leur utilisation.....	5
Tableau I.2 : Tableau comparatif des différentes techniques d'obtention des HE .....	11
Tableau I.3 : Taxonomie de <i>Myrtus communis</i> .....	12
Tableau I.4: Indications traditionnelles par pays .....	13
Tableau II.1 : Principales sources de production des radicaux libres.....	16
Tableau II.2 : Exemples de pathologies liées au stress oxydatif.....	19
Tableau II.3 : récapitulatif des études de supplémentation en antioxydants sur les pathologies cardiovasculaires .....	23
Tableau III.1 : Gamme de pourcentage d'abondance des principaux composants des échantillons de l'huile essentielle de myrte de divers pays de la Méditerranée.....	30
Tableau III.2 : IC50 des huiles essentielles étudiés.....	31
Tableau III.3 : Le taux d'inhibition pour chaque solution.....	40
Tableau III.4: Le taux d'inhibition pour chaque solution.....	41
Tableau III.5: Le taux d'inhibition pour chaque solution.....	42
Tableau III.6: Les taux moyennes d'inhibition pour chaque solution.....	42
Tableau III.7 : Le taux d'inhibition pour chaque solution.....	44
Tableau III.8 : Valeurs de taux d'inhibition pour chaque solution.....	44
Tableau III.9: Valeurs moyennes de taux d'inhibition pour chaque solution.....	45
Tableau III.10 : Les valeurs de taux d'inhibition en fonction de la concentration pour chaque solution fille de acide ascorbique vitamine C.....	46
Tableau III.11 : IC50 des huiles essentielles de notre plante.....	48



## Liste des figures :

Figure I.1 : La composition d'une huile essentielle.....	5
Figure I.2 : Procédé d'extraction d'une huile essentielle par entraînement à la vapeur d'eau.....	7
Figure I.3 : Schéma explicatif d'hydro-diffusion.....	8
Figure I.4 : Expression à froid .....	8
Figure I.5 : Montage d'extraction par le CO <sub>2</sub> supercritique. ....	9
Figure I.6 : Schéma d'extraction par solvants.....	9
Figure I.7 : Schéma d'extraction par l'enfleurage.....	10
Figure I.8 : Montage d'extraction assistée par micro-onde.....	10
Figure I.9 : Fruit (A) et Feuilles (B) de <i>myrtus communis</i> .....	12
Figure I.10: Distribution géographique de l'espèce <i>myrtus communis</i> . dans le monde .....	13
Figure II.1 : Les sources d'oxydations.....	17
Figure II.2 : Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène, impliqué en biologie .....	18
Figure II.3 : Structure du DPPH avant et après la réaction avec un antioxydant.....	24
Figure II.4 : Schéma de fonctionnement d'un spectromètre d'absorption.....	25
Figure II.5 : Schéma d'une courbe effet-dose.....	26
Figure III.1: Chromatogramme obtenu par CPG de l'HE des feuilles de <i>Myrtus communis</i> . de la région de Bejaia.....	28
Figure III.2: Histogramme des valeurs IC50 des différentes HE en g/ml.....	31
Figure III.3 : Feuilles de la plante après séchage.....	32
Figure III.4 : Etape de broyage.....	33
Figure. III.5 : Feuilles et poudre du myrte ( <i>Myrtus communis</i> ).....	33
Figure III.6 : Montage d'hydrodistillation.....	34
Figure III.7: Hydrodistillation à l'aide d'un système de type Clevenger.....	35
Figure III.8 : Protocole d'étude expérimentale.....	36
Figure III.9 : Méthode de DPPH pour déterminer l'activité antioxydante.....	37
Figure III.10 : Protocole de l'activité anti-oxydante.....	38
Figure III.11: Evolution du rendement pour l'extraction de l'huile essentielle de myrtes communs à la région de corse au cours d'une année.....	39
Figure III.12 : Pourcentage d'inhibition de l'HE Blida en fonction de différentes concentrations de l'essai 1.....	41

Figure III.13 : Pourcentage d'inhibition de l'HE Blida en fonction de différentes concentrations de l'essai 2.....	41
Figure III.14 : Pourcentage d'inhibition de l'HE Blida en fonction de différentes concentrations de l'essai 3.....	42
Figure III.15 : Moyenne de pourcentage d'inhibition de l'HEBlida en fonction de différentes concentrations.....	43
Figure III.16 : Pourcentage d'inhibition I %de l'HE Bejaia en fonction de différentes concentrations de l'essai 1.....	44
Figure III.17 : Pourcentage d'inhibition I %de l'HE Bejaia en fonction de différentes concentrations de l'essai 2.....	45
Figure III.18 : Moyenne de pourcentage d'inhibition I %de l'HE Bejaia en fonction de différentes concentrations.....	45
Figure III.19 : Variation du pourcentage d'activité antioxydante (A%) de Vitamine C en fonction de la concentration.....	47
Figure III.20 : Variation du pourcentage d'activité antioxydante A% des HEs de wilaya de Blida et Bejaia en fonction de la concentration.....	47
Figure III.21: Histogramme des valeurs IC50 des différents HE en g/ml.....	48

## *Liste des abréviations et nomenclature*

<b>HE :</b>	huile essentielle
<b>Gpx :</b>	gluthation peroxydase
<b>SOD :</b>	superoxydedismutase
<b>TEAC :</b>	Trolox Equivalent Antioxydant Capacity
<b>SR – TBA :</b>	Substances Reactive Acid Thiobarbuturic)
<b>IP :</b>	Indice de Peroxyde
<b>DPPH :</b>	1, 1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl)
<b>A :</b>	absorption
<b>l :</b>	longueur de la cuve (cm)
<b>c :</b>	concentration (mol.L-1)
<b>ε :</b>	coefficient d'extinction molaire (cm-1.mol-1.
<b>IC50 :</b>	concentration inhibitrice de 50%
<b>R :</b>	rendement
<b>I % :</b>	pourcentage d'inhibition
<b>C° :</b>	dégré de température
<b>NR :</b>	Voie Rectale
<b>UV :</b>	Ultraviolet
<b>ERO :</b>	Espaces Réactifs Oxygènes
<b>DPPH :</b>	2-2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl
<b>CPG:</b>	chromatographie en phase gazeuse
<b>GC/SM:</b>	Chromatographie en Phase Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse.

**BHT:** Butyl Hydroxy Toluène

**BHA:** Butyl Hydroxy Anisol.

**RMN C13 :** Résonance magnétique nucléaire

**V :** Volume

**C° :** Degré Celsius

**HE :** Huile(s) essentielle(s).

**I% :** Pourcentage d'activité

## *Table de matière*

Résumé.....	
Liste des tableaux.....	
Liste des figures .....	
Liste d'abréviations.....	
Introduction générale.....	1

## **CHAPITRE I : LES HUILES ESSENTIELLES ET DESCRIPTION DE LA PLANTES**

### **I. Les huiles essentielles**

I.1. Introduction.....	3
I.2. Les plantes médicinale.....	3
I.2.1. Introduction .....	3
I.2.2. Définition de plantes médicinales .....	3
I.2.3. Positionnement des plantes médicinales en Algérie.....	4
I.3. Localisation des huiles essentielles dans les plantes .....	4
I.4. Composition d'une huile essentielle .....	5
I.5. Utilisation des huiles essentielles.....	6
I.6. Techniques d'extraction des huiles essentielles.....	6
I.7. Comparaison entre les différentes méthodes d'extraction .....	11
I.8. Description de la plante étudiée .....	11

I.8.1 Introduction.....	11
I.8.2. Description de la plante .....	11
I.8.2.1 Dénominations selon la nomenclature.....	11
I.8.2.2. Position systématique.....	12
I.8.2.3. Particularités botaniques.....	12
I.8.2.4. Répartition géographique.....	13
I.8.2.5. Caractéristiques climatiques.....	13
I.8.2.6. Les utilisations thérapeutiques traditionnelles.....	13
I.9. Composition chimique des huiles essentielles .....	13
I.9.1. Les métabolites secondaires .....	13

## **CHAPITRE II : LES ANTIOXYDANTS**

II.1. Introduction.....	15
II.2. Un radical libre.....	15
II.2.1. Production de radicaux libres .....	16
II.3. Le stress oxydant .....	16
II.3.1. Les espèces réactives oxygénées (ERO) .....	17
II.3.2. Origine du stress oxydant .....	18
II.3.3. Balance Oxydants /Antioxydants et stress oxydant .....	19
II.3.4. Pathologies liées au stress oxydatif .....	19
II.4. Les antioxydants .....	19
II.4.1. Les différents types et sources d'antioxydants.....	20
II.4.2. Mécanisme d'action des antioxydants .....	22

II.4.3. Les effets des antioxydants sur la santé .....	22
II.4.4. Evaluation de l'activité antioxydante .....	23
II.4.5. Test DPPH (1, 1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) .....	24
II.4.6. La spectrophotométrie .....	25
II.4.7. Analyse des résultats.....	25.

### **CHAPITRE III : *EVALUATION DE L'ACTIVITE ANTIOXYDANTE DES HUILES ESSENTIELLES***

III.1. Introduction .....	27
III.2. Etudes sur les plantes (Revue critique) .....	27
III.2.1. Conclusion sur le revus critique .....	30
III.3. Matériels et méthodes.....	32
III.3.1. Matériel végétal .....	32
III.3.2. Matériel de laboratoire.....	33
III.3.3. Produits chimiques .....	34
III.3.4. Méthodes d'extractions .....	34
III.3.5. Rendement de l'extraction .....	36
III.3.6. Evaluation de l'activité anti radicalaire.....	36
III.3.7. Mode opératoire .....	37
III.4. Résultats et discussions.....	39
III.4.1. Calcul du rendement.....	39
III.4.2. Evaluation de l'activité antioxydante.....	40
III.4.2.1. Calcul de pourcentage d'inhibition I % d'huile essentielle de Blida .....	40

III.4.2.2. Calcul de Pourcentage D'inhibition I % de l'huile essentielle de Bejaia.....	43
III.4.2.3. Calcul de pourcentage d'inhibition I % de Vitamine C .....	46
III.5. Conclusion .....	49
Conclusion générale .....	50
Références .....	52



## ***Introduction générale***

La pandémie COVID-19 a fait basculer le monde entier ou 2/3 de population mondiale s'est rentré en confinement obligatoire avec des conséquences terribles et des pertes économiques importantes. Les effets négatifs ont dépassé les secteurs d'activités aux cas décédés enregistrés jusqu'à les atteintes à la santé (stress, problèmes psychiques). Une concentration totale sur cette catastrophe et l'exploitation de tous les moyens et infrastructures sanitaires au détriment des autres maladies.

En absence des vaccins efficaces pour le COVID-19 (où le monde entier est au pas de course dans l'espoir d'arriver à les développer), l'amélioration et la fortification de l'immunité humaine restent la meilleure solution pour en faire face jusqu'à présent. Dans ce sens que les études pour remédier et soulager les effets néfastes pour la santé et /ou système immunitaire sont de plus en plus intensifiés.

Durant des siècles, les plantes sont utilisées pour soulager les douleurs, guérir les maux et panser les blessures. Le savoir et la méthode d'utilisation et manipulation sont transmis de génération à l'autre. Actuellement, malgré le progrès de la pharmacologie, l'usage thérapeutique des plantes médicinales est très présent dans certains pays du monde et surtout les pays en voie de développement, en l'absence d'un système médical moderne [1].

La plante est un organisme vivant qui existe depuis l'antiquité. Elle constitue un maillon très important et fondamental dans le cycle biologique de vie des autres organismes vivants tel que les animaux aussi bien les êtres humains [2].

En effet, il existe environ 500.000 espèces de plantes sur terre, dont 80.000 possèdent des propriétés médicinales [2]

Cependant, l'évaluation des propriétés phytothérapeutiques (antioxydant et antimicrobienne) est une tâche très intéressante et utile, en particulier pour les plantes d'une utilisation rare ou non connues dans la médecine. Ces plantes représentent une source inépuisable de composés actifs. En effet, les remèdes traditionnels à base de plantes ont longtemps été employés sans savoir les substances actives responsables de leurs actions bénéfiques, il reste difficile de définir les molécules responsables de l'action bien que certains effets pharmacologiques prouvés sur l'animal aient été attribués à des composés tels que les alcaloïdes et dérivés, des terpènes, stéroïdes et des composés poly phénoliques .[3]

Ces métabolites secondaires exercent une action déterminante sur l'adaptation des

plantes à leur environnement. Ils participent ainsi, de manière très efficace, à la tolérance des végétaux à des stress variés (attaques de pathogènes, d'insectes, sécheresse, lumière UV...). D'un point de vue applicatif, ces molécules constituent souvent la base des principes actifs des plantes médicinales [3]

Aujourd'hui, les plantes médicinales retrouvent leur place dans notre vie quotidienne. Leur efficacité et leur innocuité sont recherchées et intensément étudiées. En Afrique, jusqu'à 80% de la population utilise les plantes médicinales pour répondre à ses besoins de soins et de santé primaire.[4]

D'autre part, les plantes médicinales possèdent un atout considérable grâce à la découverte progressive des applications de leurs huiles essentielles et leurs extraits végétaux dans la médecine et cosmétique ainsi que leurs utilisations dans d'autres domaines d'intérêt économique [5].

Le but de ce travail est d'explorer l'activité anti-oxydante d'huile essentielle de la plante myrtus communis, Une plante largement utilisée pour traiter certaines douleurs chez nous en Algérie.

Le myrtus communis, est un arbuste typique du pourtour méditerranéen qui est bien ancré dans la culture et les croyances des peuples qui bordent la grande bleue. Le myrte appartient à la famille des myrtacées, comme l'eucalyptus, le giroflier, le niaouli, et l'arbre à thé. Ces espèces sont largement décrites comme possédant des propriétés pharmacologiques, et il n'est donc pas surprenant que l'on ait prêté au myrte tant de vertus .[6]

Notre travail est subdivisé en trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré aux fondements et considérations théoriques découlant des procédés conventionnels et innovants d'extraction des huiles essentiels ainsi qu'une description botanique du myrte

Le deuxième chapitre décrit les propriétés des huiles essentielles avec une description détaillée des antioxydants et leur impact sur la santé humaine.

Le troisième chapitre représente l'étude de l'activité anti-oxydante des huiles essentielles récupérés à partir des plantes endémiques à intérêt pharmaceutique.

## **I. Les huiles essentielles**

### **I.1. Introduction**

Jusqu'au moyen âge, l'art de la distillation est utilisé pour la préparation des eaux distillées. Quand une huile essentielle apparaît à la surface de l'eau, elle est considérée comme un sous-produit indésirable. La première description authentique d'une huile essentielle est attribuée au médecin (CATALM ARNOLD). [7]

Les huiles essentielles sont extraites de plantes dites aromatiques, Très répandues dans la nature, ces plantes sont classées en grandes familles comme les Myrtacées ou les Pinacées. Elles poussent dans le monde entier, chacune ayant sa zone géographique et son climat de prédilection. À chaque pays, à chaque zone géographique et à chaque terroir même, correspond une huile essentielle unique. Car, selon la terre, le climat, l'environnement où elle pousse, une même plante fabriquera des essences différentes (parfois très différentes) [8].

De nos jours, les bienfaits des huiles essentielles ne laissent aucun doute, chaque HE est unique et possède des propriétés remarquables. Elles sont utilisées pour améliorer un état de santé, soulager voire guérir certains petits maux du quotidien comme le mal de gorge, la migraine, l'acné, les douleurs abdominales [9].

Les HE doivent leur nom à ce qu'elles sont très réfringentes, hydrophobe et lipophiles. Elles ne sont que très peu solubles ou pas du tout dans l'eau et on les retrouve dans le protoplasme sous forme d'émulsion plus ou moins stable qui tend à se collecter en gouttelettes de grosse taille. Par contre, elles sont solubles dans les solvants des lipides (acétone, sulfure de carbone, chloroforme, etc.....) et, à l'inverse des glycérides, dans l'alcool, Mais à ces caractères de solubilité se limite la ressemblance avec les huiles grasses. Si les HE forment une tache transparente sur le papier, celle-ci disparaît rapidement car les essences végétales sont très volatiles (contrairement aux résines qui, habituellement dissoutes dans les essences, laissent un résidu visqueux ou solide après évaporation des essences) [10].

### **I.2. Les plantes médicinales**

#### **I.2.1. Introduction**

Le monde des végétaux est plein de ressources et de vertus, d'où L'homme puise non seulement sa nourriture mais aussi des substances actives qui procurent souvent un bienfait à son organisme parfois affecté de troubles insidieux [11][12].

#### **I.2.2. Définition de plantes médicinales**

Une plante est dite médicinale lorsque l'un de ses organes par exemple les feuilles possèdent des activités pharmacologiques pouvant conduire à des emplois thérapeutiques. La

flore Algérienne est caractérisée par sa diversité florale : Méditerranéenne, saharienne et une flore paléo tropicale estimée à plus de 3000 espèces appartenant à plusieurs familles botaniques. Certaines de ces espèces sont endémiques ce qui a donné à la pharmacopée traditionnelle une richesse inestimable [13].

### **I.2.3. Positionnement des plantes médicinales en Algérie**

Avec une superficie de 2 381 741 km<sup>2</sup>, l'Algérie est le plus grand pays riverain de la Méditerranée. Il est reconnu par sa diversité variétale en plantes médicinales et aromatiques, ainsi que leurs diverses utilisations populaires dans l'ensemble des terroirs du pays. Ce sont des savoir-faire ancestraux transmis de génération en génération chez les populations, le plus souvent rurales. C'est un héritage familial oral, dominant en particulier chez les femmes âgées et illettrées. Dans le Hoggar et en absence de médecins, dans certaines contrées isolées, les Touaregs se soignent avec les plantes médicinales et aromatiques dont ils connaissent le secret transmis de père en fils. En Kabylie, lorsqu'il y a de la neige et que les routes sont coupées, les montagnards utilisent des plantes médicinales et aromatiques pour se soigner (fumigation de feuilles d'eucalyptus contre la grippe) [14].

### **I.2.4. Parties utilisées dans les soins des maladies**

Au total, 14 parties de plantes sont utilisées en médecine traditionnelle notamment le bulbe, la graine, le rhizome, les racines, l'écorce, la plante entière, la partie aérienne, la tige feuillée, les sommités fleuries, la tige, la feuille, la fleur, le tubercule et le fruit. Le pourcentage d'utilisation de ces différentes parties (Figure 3) montre que la feuille et la graine sont les plus utilisées (17,89 %) chacune. La tige feuillée et le fruit occupent la deuxième place avec un pourcentage respectif de 14,74 % et 13,16 %. La racine occupe une place moyenne avec un taux de 9,47 %. L'ensemble des parties utilisées restantes à savoir bulbes, rhizomes, écorce, tiges, est représenté par un taux cumulatif de 26,85 % [15].

### **I.3. Localisation des huiles essentielles dans les plantes**

Les huiles essentielles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : les fleurs (bergamotier, tubéreuse..), mais aussi les feuilles (citronnelle, eucalyptus, laurier..) et bien que ce soit moins habituel dans des écorces (cannelier), les bois (bois de rose, santal..), les racines (vétier), les rhizomes (curcuma, gingembre..), les fruits (toutes épices, anis, badiane..), les graines (muscade..). Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer une huile essentielle, la composition de celle-ci peut varier selon sa localisation. Ainsi dans le cas de l'oranger amer, le péricarpe frais du fruit (zeste) fournit l'huile essentielle d'orange amer ; la

fleur fournit l'essence de néroli et l'hydrodistillation de la feuille, des ramilles et des petits fruits conduit à l'essence de petit grain bigaradier. La composition de ces trois huiles essentielles est différente [16].

#### I.4. Composition d'une huile essentielle

Les HE sont des extraits de certains végétaux. Toutefois, la totalité du végétal reste rarement utilisé pour l'extraction d'une HE. Ainsi, la partie de la plante employée déterminera les propriétés de l'HE recueillie. En effet, une HE extraite à partir de la fleur d'un végétal ne présentera pas forcément les mêmes indications qu'une HE extraite à partir de la feuille de ce même végétal. De la même façon, le nom que portera l'HE dépendra de l'organe sécréteur utilisé lors de l'extraction [17].



Figure I.1 : Composition d'une huile essentielle.

Tableau I.1 : les composition d'une huile essentielle et son utilisation [18].

	À quoi ça sert ?	Où les trouver ?
Alcools	antibactériens, anti- raux, antifongiques, tuent virus, moisissures, bactéries, champignons	Thym à linalol, à thujanol, bois de rose, bois de Hô, palmarosa, arbre à thé, ravintsara, lavandes.
Aldéhydes aromatiques	Super-anti-infectieux, toniques, immunostimulants.	Cannelles (écorces).
Aldéhydes terpéniques	Anti-inflammatoires, insectifuges, anti-infectieux, sédatifs nerveux, digestifs.	Verveine citronnée, mélisse officinale, eucalyptus citronné, citronnelles. Menthe
Cétones	Mucolytiques gynécologiques et respiratoires, brûle- graisses, dé sclérosantes, antivirales.	Menthe poivrée, romarin à verbénone, thuya, sauge officinale, eucalyptus à cryptone. Lavande
Esters	Super-antistress, favorisent le sommeil. Antispasmodiques nerveux, anti-inflammatoires, antidouleur, hypotenseurs.	Lavande officinale, ylang-ylang, camomille romaine, gauthérie couchée.
Phénol méthyl- éthers (éthers)	Super-antispasmodiques nerveux et musculaires, antidouleur, antiallergiques, œstrogène-like.	Estragon, basilic exotique, anis vert, fenouil doux.
Oxydes terpéniques	Antibactériens, anti- raux. Assainissent l'air ambiant et soignent les voies respiratoires (maladies de l'hiver), expectorants, immuno- modulants.	Eucalyptus radié, eucalyptus globuleux, laurier noble, niaouli, romarin à cinéole, ravintsara
Phénols	Les plus puissants antibactériens, antiviraux, antifon- giques, antiparasitaires, immunostimulants. Tuent les virus, les moi- sissures et les germes. Toniques, stimulants	Giroflier, thym à thymol, sarriette des montagnes, organ compact, cannelles (feuilles).
Terpènes	Super-tonifiants, expectorants, balsamiques (aident à respirer),	Pins, sapins, genévrier, cyprès de Provence, tous agrumes (citron, orange,

	assainissant de l'air ambiant, toniques circulatoires	mandarine, pamplemousse...)
--	---	-----------------------------

Toutefois, les constituants des HE peuvent être classés en 3 groupes provenant de trois voies de biosynthèse bien distinctes [19] :

- Les terpénoïdes
- Les dérivés du phénylpropane
- Les composés divers

### **I.5. Méthodes pour l'utilisation des huiles essentielles**

En aérosol, avec un diffuseur électrique un vaporisateur ou un diffuseur à bougie. Cette méthode permet de diffuser dans l'air des très fines particules d'huiles essentielles et de bénéficier de leur effet par voie respiratoire. Utilisées de cette manière, les huiles essentielles permettent, tout en parfumant l'atmosphère, de purifier et d'assainir l'air. Le dosage devra toujours être très léger pour ne pas incommoder.

Par voie cutanée, les huiles essentielles pénètrent très facilement l'épiderme pour toucher ensuite tous les tissus, c'est pour cela que les huiles essentielles devront être choisies minutieusement pour leur compatibilité avec la peau. Le dosage devra être étudié, et le diluant choisi en fonction de l'activité recherchée.

Par voie orale, cette utilisation sera choisie uniquement sous prescription de votre thérapeute. Les huiles essentielles sont très concentrées et mal utilisées peuvent entraîner des intoxications sérieuses.

### **I.6. Techniques d'extraction des huiles essentielles**

Il existe diverses méthodes pour extraire les huiles essentielles, celle la plus utilisée étant la distillation par entraînement à la vapeur. L'extraction des huiles essentielles peut être réalisée à partir des fleurs, des feuilles, des racines ou encore des graines de la plante.

#### **a. La distillation par entraînement à la vapeur**

Il s'agit de la méthode la plus ancienne et plus utilisée pour obtenir une huile essentielle de qualité.

Il consiste à faire passer un courant de vapeur d'eau dans une cuve contenant les plantes. Sous l'action de l'humidité et de la chaleur les huiles essentielles volatiles se libèrent. Ensuite cette vapeur d'eau et d'huile essentielle passe dans un serpentin refroidi par de l'eau. La vapeur se condense alors dans le serpentin, et retourne à l'état liquide. Ce liquide, mélange d'eau et d'huile essentielle est recueilli dans un essencier qui sépare les deux éléments. En effet, l'huile essentielle est non miscible à l'eau et plus légère donc elle se retrouve dans la partie supérieure de l'essencier.

Ce dispositif est composé d'une cuve dans laquelle on place les plantes à distiller. Les plantes sont dissociées de l'eau dans la même cuve. La cuve est chauffée être couverte par un chapiteau qui est prolongé par un col de cygne, celui-ci est raccordé à un serpentin de refroidissement. Pour cela, celui-ci est plongé dans une cuve d'eau froide. Le serpentin débouche sur l'essencier, muni de deux robinets. Celui du bas permet de recueillir l'hydrolat ou eau florale et celui du haut l'huile essentielle.



**Figure I.2 :** Procédé d'extraction d'une huile essentielle par entraînement à la vapeur d'eau.

### **b. Hydro-diffusion**

L'hydro-diffusion est une variante de l'entraînement à la vapeur. Cette technique relativement récente et particulière. Elle exploite ainsi l'action osmotique de la vapeur d'eau. Elle consiste à faire passer, du haut vers le bas et à pression réduite, la vapeur d'eau à travers de la matrice végétale [20].

L'avantage de cette méthode est d'être plus rapide donc moins dommageable pour les composés volatils, et de ne pas mettre en contact le matériel végétal et l'eau. De plus, l'hydro-diffusion permet une économie d'énergie due à la réduction de la durée de la distillation et donc à la réduction de la consommation de vapeur.

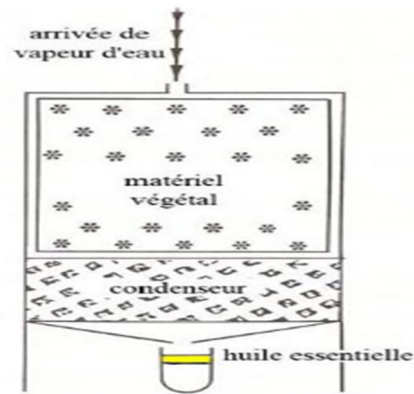


Figure I.3 : Schéma explicatif d'hydro-diffusion.

### c. L'expression mécanique

Encore appelée « expression à froid », cette méthode s'applique particulièrement pour une variété de plantes : les agrumes. En effet, l'HE d'un agrume s'accumule dans des petites poches (nommées sacs oléifères) présentes dans l'écorce du fruit. L'expression mécanique consiste donc à exercer une forte pression sur la partie de la plante concernée à l'aide d'une presse hydraulique [21][22]



Figure I.4 :Montage de l'expression à froid [23]

### d. Extraction par CO<sub>2</sub> supercritique

Cette technique se rapproche énormément de l'extraction par solvant, le CO<sub>2</sub> supercritique à la même fonction qu'un solvant sauf qu'il n'est pas nocif et qu'il ne reste plus aucune trace de celui-ci dans l'huile essentielle obtenu.

L'état supercritique d'un élément s'obtient à le soumettant à forte pression ou température. On utilise l'état super critique du CO<sub>2</sub> car il est très facile de l'obtenir : il suffit de le chauffer à une température égale à 31 °C ou bien de le mettre sous pression de 74 bars. Mais n'importe qu'elle autre fluide à l'état supercritique pourrait être utilisé.

Ce procédé consiste à placer les végétaux préalablement broyés dans un extracteur puis les mettre en contact avec le CO<sub>2</sub> super critique qui vient d'être comprimé et chauffé à une température maximale de 40 °C.



Ainsi, l'huile essentielle est dissoute et le CO<sub>2</sub>, ici à l'état supercritique redevient gazeux et se sépare très facilement de l'huile essentielle obtenue. Cette huile est pure et reste très proche de la substance d'origine produite par la plante grâce à l'absence totale de dioxyde de carbone.

Cependant, son utilisation est très peu répandue car les prix de l'équipement sont très élevés.

(5)

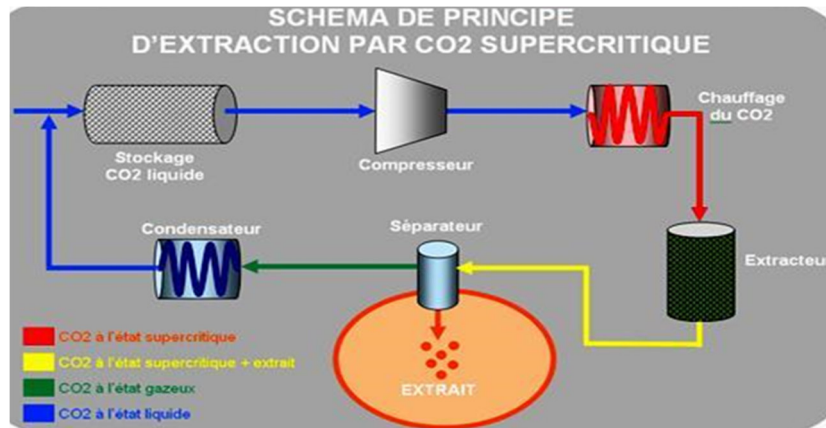


Figure I.5 : montage d'extraction par le CO<sub>2</sub> supercritique. (6)

#### e. L'extraction par solvant

Technique rarement utilisée, on l'emploie surtout pour extraire les huiles sur des plantes fragiles mais très parfumées comme le jasmin. Cette technique permet d'obtenir une solution homogène « d'huile essentielle », donc de plus grande quantité que ce que nous obtenons grâce à l'hydro-distillation. (6)

La technique d'extraction « classique » par solvant consiste à placer dans un extracteur un solvant volatil et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va se charger en molécules aromatiques avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique. Les solvants les plus utilisés à l'heure actuelle sont l'hexane, le cyclohexane, l'éthanol, le méthanol, le dichloro-méthane et l'acétone. [24]

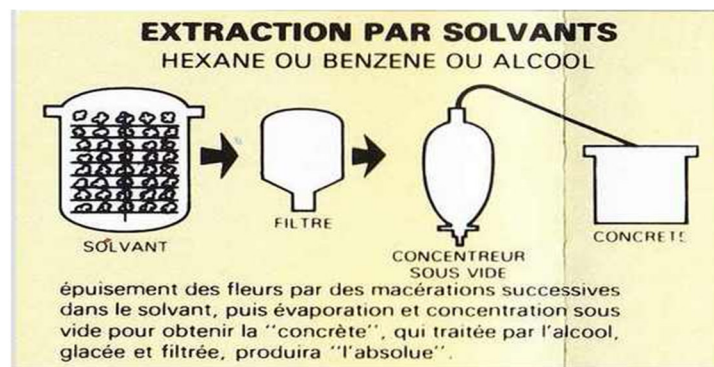


Figure I.6 : schéma d'extraction par solvants.

#### f. Enfleurage

Ces procédés d'extraction sont plus rarement utilisés (coût, travail, rendement moindre). Il s'agissait de placer les fleurs sur un corps gras purifié et de laisser les arômes pénétrer le corps gras. Une fois l'arôme des fleurs "pompé", on les retirait et on remettait des fleurs fraîches, jusqu'à saturation du corps gras. La pommade ainsi obtenue, il suffisait de la nettoyer, puis d'y ajouter de l'alcool. Au bout de 24 heures, le corps gras et les huiles essentielles étaient séparés. Il ne restait plus qu'à recueillir la précieuse huile essentielle [25].



Figure I.7 : schéma d'extraction par l'enfleurage

#### g. Extraction assistée par micro-onde

Cette technique d'extraction a été développée au cours des dernières décennies à des fins analytiques. Le procédé consiste à irradier par micro-ondes de la matière végétale broyée en présence d'un solvant absorbant fortement les micro-ondes (le méthanol) pour l'extraction de composés polaires ou bien en présence d'un solvant n'absorbant pas les micro-ondes (hexane) pour l'extraction de composés apolaires. L'ensemble est chauffé sans jamais atteindre l'ébullition durant de courtes périodes entrecoupées par des étapes de refroidissement (Figure I.8) [26].



Figure I.8 : montage d'extraction assistée par micro-onde

## I.7. Comparaison entre les différents méthodes d'extraction

Le tableau ci-dessous donne la comparaison entre les différentes méthodes d'extraction

**Tableau I.2** : Tableau comparatif des différentes techniques d'obtention des HE [27]

Méthodes	Avantages	Inconvénients
Entraînement à la vapeur	Simple, facile, peu coûteuse	Durée d'extraction variable et longue, température élevée
L'expression mécanique	Activité thérapeutique importante, température faible, totalement naturelle	Uniquement applicable sur les agrumes, durée de conservation courte (oxydation rapide) main d'œuvre et matériels coûteux
L'extraction par solvants	Extraction des HE de plantes fragiles, température faible, peu d'équipements	Traces résiduelles de solvant, pollution durée d'extraction longue, prix de solvant
Enfleurage	Méthode naturelle (pas de solvant) extraction des HE des plantes fragiles, bonne conservation	Coûte élevé, équipement et main d'œuvre importants, faible rendement
Extraction par CO <sub>2</sub> supercritique	Pas de solvant dangereux, CO <sub>2</sub> réutilisable, non polluant, temps d'extraction court	Coûte de l'équipement élevé
Extraction par micro-ondes	Gain de temps, économie d'eau et/ou de solvant température faible, meilleur rendement	Coût de l'équipement élevé

## I.8. Description de la plante étudiée

### I.8.1 Introduction

*Myrtus communis* est l'une des espèces aromatiques et médicinales importantes appartenant à la famille des Myrtacées qui comprend plus de 5650 espèces réparties en 48 à 134 genres environ. Ce sont des arbres et des arbustes, souvent producteurs d'huiles aromatiques. [28]

Il pousse généralement sur un sol siliceux et dans un bioclimat semi-humide à humide, les avantages du Myrte sont divers. Les différentes parties de la plante sont utilisées en cosmétologie et en médecine. Les feuilles, les fruits, les fleurs et les racines sont indiqués comme remède contre plusieurs maladies. [29]

### I.8.2. Description de la plante

#### I.8.2.1 Dénominations selon la nomenclature

**Arabe:** *A'as*. الریحان، أس

**Français:** *herbe du lagui, myrte commun.*

**Anglais:** *common myrtle, Greek myrtle, myrtle, sweetmyrtle.*

**Espagnol:** *arrayán, mirto, murta, murt.*

**Latin :** *Myrtus communus L* [30]

### I.8.2.2. Position systématique

La position systématique de *Myrtus communis* est montrée dans ce tableau

Tableau I.3 : Taxonomie de *Myrtus communis* [30]

Règne	Plante
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
Embranchement	<i>Magnoliophyta</i>
Sous-embranchement	<i>Magnoliophytina</i>
Sous-classe	<i>Rosidae</i>
Ordre	<i>Myrtales</i>
Famille	<i>Mytaceae</i>
Genre	<i>Myrtus</i>
Espèce	<i>communis</i>
Variétés.	<i>M. communis</i> var. <i>italica</i> L <i>M. communis</i> var. <i>baetica</i> L. <i>M. communis</i> var. <i>lusitanica</i> L



Figure I.9 : Fruit (A) et Feuilles (B) de *Myrtus communis*

### I.8.2.3. Particularités botaniques

C'est un arbuste à feuilles persistantes appartenant à la famille des Myrtacées. Il pousse spontanément dans toute la région méditerranéenne il est utilisé à des fins médicinales, alimentaires et d'épices depuis les temps anciens. Les feuilles et les fruits sont traditionnellement utilisés comme agents antiseptiques, désinfectants et hypoglycémiant [31] Arbuste de 2 à 3 mètres de hauteur, buissonnant et touffu aux feuilles brillantes. Le myrte a des rameaux brun-rouge, les feuilles sont persistantes, ovales et pointues, de couleur vert foncé assez luisantes, elles sont coriaces. Ces fleurs sont blanches au parfum sucré, elles donnent des petites baies noires en automne [32].

Les fleurs apparaissent au début de l'été ; elles sont grandes 10-15 mm ; solitaires sur un long pédoncule à l'aisselle des feuilles et très odorantes et pourvues à la base de bractées très petites, rapidement caduques [33].

Les fruits sortent à l'automne, ce sont des baies ovoïdes 6-8 mm noires bleuâtres à peau charnue, conservant à leur partie supérieure les restes du calice. Ces fruits sont comestibles mais âpres et astringents[34]

#### I.8.2.4. Répartition géographique

Le myrte (*Myrtus communis*) est une plante méditerranéenne, un arbrisseau annuel qui résiste bien à la sécheresse. C'est une plante qui pousse dans les forêts du pin et dans les régions situées à 600 mètre d'altitude [16]

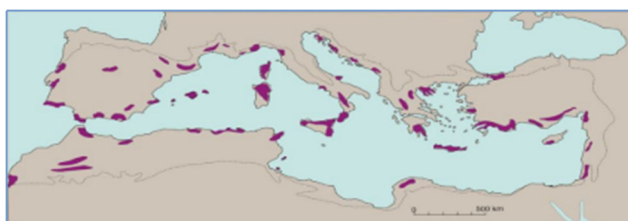


Figure I.10 : Distribution géographique de l'espèce *Myrtus communis* . dans le monde [35]

#### I.8.2.5. Caractéristiques climatiques

*Myrtus communis* a besoin de beaucoup de lumière. Il ne supporte que très peu d'ombre. En revanche c'est une plante qui s'acclimate facilement aux températures élevées et supporte des températures minimales allant de -5 à -10°C[3]

#### I.8.2.6. Les utilisations thérapeutiques traditionnelles sur la famille Mytaceae

Dans le nord de l'Algérie dans la région de M'Sila, *Boudjelal et al* interrogent 83 herboristes. 19% d'entre-eux déclarent utiliser *Myrtus communis* comme traitement de l'hypertension et du diabète[36][37]

Dans le Tableau I.4 nous avons classé les différentes indications en fonction de leur pays d'origine, de la forme et de la voie d'utilisation.

Tableau I.4 : Indications traditionnelles par pays [38]

PAYS	INDICATIONS	FORME	VOIE
TURQUIE	affection de la prostate	décoction	orale
TUNISIE	douleur dentaire	décoction	orale
IRAN	herpès, problème gynécologique, tonique de l'estomac, douleur musculaire et articulaire	décoction concentrée	NR
ALGERIE	hypertension, diabète	infusion et décoction	orale
ITALIE	Décongestionnant	décoction	ophtalmique
MAROC	maux d'estomac et purgatif/fièvre/assouplir les cheveux/maladie cardiaque respiratoire et hépatique	décoction et infusion	orale et inhalation

## **I.9. Composition chimique des huiles essentielles**

### **I.9.1. Les métabolites secondaires**

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétisées et accumulées en petites quantités par les plantes autotrophes, ils sont divisés principalement en trois grandes familles: Les poly-phénols (dérivés de glucides), les terpènes (un groupe des lipides), les alcaloïdes (dérivés d'acides aminées).[39]

Ces métabolites secondaires exercent une action déterminante sur l'adaptation des plantes à leur environnement. Ils participent ainsi, de manière très efficace, à la tolérance des végétaux à des stress variés (attaques de pathogènes, d'insectes, sécheresse, lumière UV...). D'un point de vue applicatif, ces molécules constituent souvent la base des principes actifs des plantes médicinales.[40]

## II.1. Introduction

De nos jours, les antioxydants sont très largement utilisés dans de nombreux domaines incluant la diététique, l'agroalimentaire, la cosmétologie, le domaine médical mais également l'industrie moderne. En effet, cette dernière requiert l'utilisation d'antioxydants puissants qui permettent au produit fabriqué de ne pas se dégrader par oxydation. De la même façon, les durées de vie des graisses, plastiques, pétroles ou encore caoutchoucs ont été considérablement augmentées. Dans cette section seront développées les études et applications touchant au domaine de la santé. [41]

La pollution, le tabagisme, une consommation excessive d'alcool, l'exposition excessive au soleil ou à des radiations sans protection suffisante, la pratique du sport de haut niveau et l'inflammation chronique sont, par exemple, autant de sources de production d'ERO. Une alimentation pauvre en fruits et légumes où se trouve la majeure partie des antioxydants nécessaires (vitamines C et E, caroténoïdes, poly-phénols) favorise une baisse de la capacité anti-oxydante. Si un SO n'est pas une maladie en soi, il constitue un terrain favorable au développement de pathologies diverses. [42]

Les avancées de la médecine ont permis de mieux comprendre la physiologie du corps humain et les réactions chimiques permettant son bon fonctionnement. Dès lors, bon nombre de pathologies ont vu leurs mécanismes de survenue identifiés. L'oxydation, si elle est nécessaire à la vie, peut aussi avoir un effet délétère : le stress oxydant peut causer de sévères dommages cellulaires. Pour se protéger de ce type d'agression, notre organisme produit ou fait appel à une source exogène d'antioxydants.[43]

Ainsi, chaque individu ne possède pas le même potentiel antioxydant. Celui-ci est fonction du mode de vie, des caractéristiques génétiques mais également de l'environnement. Une bonne hygiène de vie ainsi que de bonnes habitudes alimentaires jouent également un rôle primordial dans le maintien d'un potentiel antioxydant optimal[44]

## II.2. Un radical libre

L'oxygène est un élément essentiel pour les organismes multicellulaires parce qu'il permet de produire de l'énergie en oxydant de la matière organique. Mais nos cellules convertissent une partie de cet oxygène en métabolites toxiques : les radicaux libres organiques .[45]

Par définition, un radical libre est un composé possédant un électron célibataire. Dans une molécule les doublets électroniques sont localisés dans des orbitales liantes, non liantes

ou anti-liantes. L'orbitale d'un électron célibataire peut, de même, être liante, non liante ou anti-liante, et ceci a des conséquences sur les propriétés chimiques et structurales du radical libre. Un radical libre est le plus souvent instable, donc réactif et sa durée de vie est très courte (de l'ordre d'une micro à nano-seconde).[46]

Les radicaux libres et leurs dérivés, regroupés sous l'expression d'espèces oxygénées réactives (ERO) sont continuellement produits dans les cellules, notamment lors du métabolisme oxydatif. Ils sont considérés comme agents potentiellement toxiques car ils ont la capacité d'endommager différents constituants cellulaires vitaux, conduisant ainsi à la mort des cellules .[47]

### II.2.1. Production de radicaux libres

La production de ces espèces oxydantes est une conséquence inévitable du métabolisme aérobie. En effet, l'organisme a besoin d'O<sub>2</sub> pour produire de l'énergie au cours des réactions dites de respirations oxydatives. Cependant, une faible partie de l'oxygène échappe à sa réduction en eau, au niveau de la mitochondrie. Elle peut alors être à l'origine de la production de radicaux libres oxygénés.

Les autres sources de production de radicaux libres sont représentées dans le tableau 1. Elles sont classées en deux catégories :

- ❖ **les sources endogènes:** les radicaux libres sont des produits des réactions de l'organisme.
- ❖ **les sources exogènes:** les êtres vivants sont exposés quotidiennement à des polluants (fumée de cigarette, rayons ultraviolets, radiations...) susceptibles d'être à l'origine de la production de radicaux libres, une fois dans l'organisme.[48]

**Tableau II.1 :** Principales sources de production des radicaux libres. Sources.[48]

Sources endogènes	Production de radicaux libres lors des respirations oxydatives (mitochondries) Cellules phagocytaires Métabolisme de l'acide arachidonique Système xanthine/Xanthine oxydase
Sources exogènes	Rayonnement électromagnétique Métaux de transition Pesticides Médicaments...

### II.3. Le stress oxydant

De manière générale, le stress oxydant se définit comme étant le résultat d'un déséquilibre de la balance entre les espèces oxydantes et les systèmes de défense (antioxydants), avec comme conséquence, l'apparition de dégâts souvent irréversibles pour la cellule.[49]



Déterminer le statut de stress oxydant d'un individu devient actuellement un sujet prioritaire en termes de prévention de maladies. En effet, de nombreuses études indiquent qu'il existe une association entre l'altération des systèmes de défense antioxydants et le développement de plus de 200 physiopathologies différentes comme l'athérosclérose ou le cancer mais également le SIDA, les maladies inflammatoires, le diabète et le vieillissement.[50]

Les radicaux libres sont des molécules instables et fortement réactives [51]. Les radicaux libres sont produits par divers mécanismes physiologiques car ils sont utiles pour l'organisme à doses raisonnables. Cette production physiologique est parfaitement maîtrisée par des systèmes de défense, Dans les circonstances normales, on dit que la balance antioxydants/ peroxydant est en équilibre. Le stress oxydatif désigne un déséquilibre entre les oxydants et les antioxydants en faveur des oxydants au niveau cellulaire ou individuel, conduisant à une perturbation de la signalisation et du contrôle redox et / ou des dommages moléculaires.[52]

Cet état est observé physiologiquement au cours du vieillissement et il accompagne également de nombreuses pathologies (athérosclérose, diabète, maladies neurodégénératives...).[53]

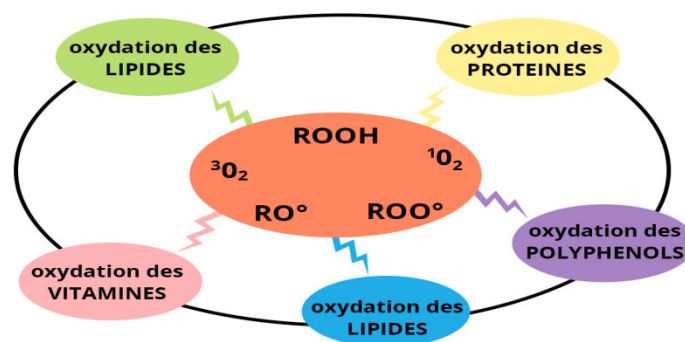


Figure II.1 : les sources d'oxydations.[ 53]

### II.3.1. Les espèces réactives oxygénées (ERO)

#### a) Les oxydes radicalaires

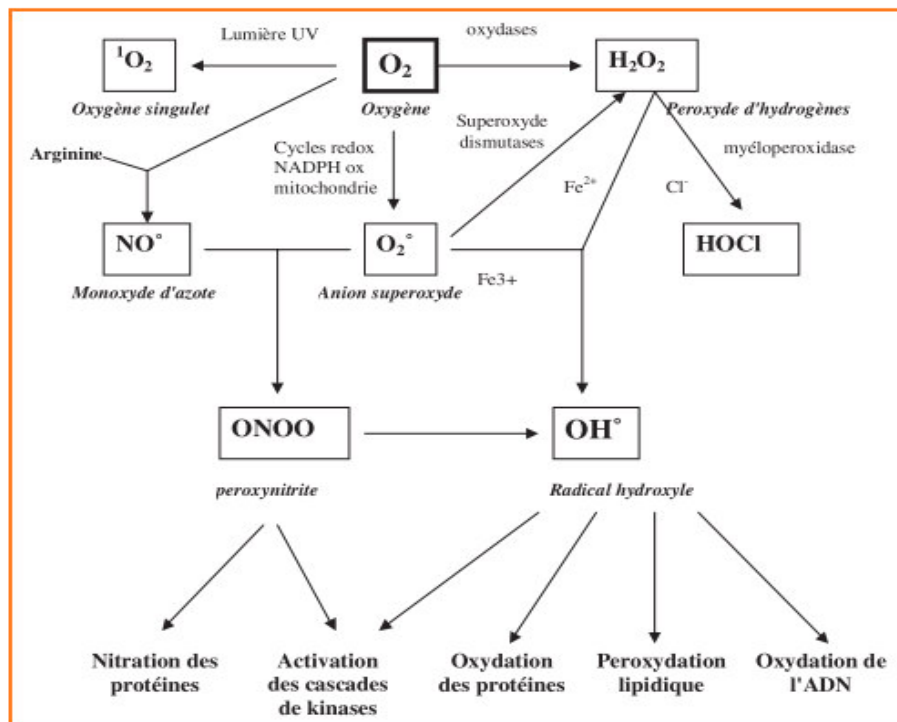
- Radical super-oxyde ( $O_2^-$ )
- Radical hydroxyl ( $OH^-$ )
- Monoxyde d'azote (NO)

**b) Les oxydes non radicalaires**

- L'oxygène singulet ( $O_2$ )
- Le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ )
- Le nitroperoxyde ( $ONOOH$ )[54]

**II.3.2. Origine du stress oxydant**

La découverte d'espèces chimiques radicalaires présentes normalement dans l'organisme a bouleversé notre compréhension des mécanismes biologiques. Ces radicaux libres sont produits par divers mécanismes physiologiques car ils sont utiles pour l'organisme à dose raisonnable ; mais la production peut devenir excessive ou résulter de phénomènes toxiques exogènes et l'organisme va devoir se protéger de ces excès par différents systèmes antioxydants. Dans les circonstances quotidiennes normales, des radicaux libres sont produits en permanence en faible quantité comme les médiateurs tissulaires ou les résidus des réactions énergétiques ou de défense, et cette production physiologique est parfaitement maîtrisée par des systèmes de défense, d'ailleurs adaptatifs par rapport au niveau de radicaux présents. Dans ces circonstances normales, on dit que la balance antioxydants/prooxydants est en équilibre. Si tel n'est pas le cas, que ce soit par déficit en antioxydants ou par suite d'une surproduction énorme de radicaux, l'excès de ces radicaux est appelé « stress oxydant »[55]



**Figure II.2 :** Origine des différents radicaux libres oxygénés et espèces réactives de l'oxygène, impliqués en biologie [55]

### II.3.3. Balance Oxydants /Antioxydants et stress oxydant

Dans l'ensemble de nos tissus sains, les défenses antioxydants sont capables de faire face et détruire les radicaux produits en excès. On dit que la balance Oxydants /Antioxydants est en équilibre. Mais dans certaines situations, en raison d'une surproduction radicalaire (tabac, alcool, pollution) ou d'une diminution des capacités antioxydants (insuffisance d'apports des micronutriments antioxydants, inactivation enzymatiques) un déséquilibre entre la production des radicaux libres et le système de défense est à l'origine d'un état redox altéré de la cellule appelé stress oxydatif.[56]

Pour enrayer le stress oxydant, il faut donc aider la cellule et l'organisme par l'apport d'antioxydants secondaires (vitamine C, E, caroténoïdes, polyphénols).[57]

### II.3.4. Pathologies liées au stress oxydatif

Le tableau ci-dessous montre les pathologies liées au stress oxydatif

**Tableau II.2** : Exemples de pathologies liées au stress oxydatif[58]

Maladies où le stress oxydatif est la cause primordiale	Maladies où le stress oxydatif est le facteur déclencheur	Maladies entraînant un stress oxydatif secondaire
Cancers, Auto-immunité, Cataracte. Maladies	Maladie d'Alzheimer, Stérilité masculine, Rhumatismes, athéromes, asthmes	Diabète, Insuffisance rénale, Maladie de Parkinson

## II.4. Les antioxydants

Les antioxydants sont définis comme toute substance qui, présente à faible concentration par rapport au substrat oxydable, est capable de ralentir ou inhiber l'oxydation de ce dernier [58]

Les antioxydants sont "des substances qui prolongent la durée de conservation des denrées alimentaires en les protégeant des altérations provoquées par l'oxydation, telles que le rancissement des matières grasses et les modifications de couleur" (définition selon le règlement européen CE/1333/2008).

Les antioxydants sont capables de limiter les réactions d'oxydation, mécanisme complexe qui met en œuvre un enchaînement de réactions, radicalaires pour la plupart, L'organisme possède des systèmes endogènes dédiés à cette action protectrice. [59]

Cependant, cette ligne de défense est facilement saturée. De nombreux antioxydants exogènes sont également présents dans l'alimentation apportant un soutien significatif dans la lutte antioxydant. Nous les trouvons dans les fruits (pommes, poires, fruits rouges...), les légumes (brocoli, oignon...), les boissons (café, thé, vin...) ainsi que dans les épices, le cacao ou encore les céréales. Ces antioxydants sont surtout connus pour leur capacité à réagir directement réagir avec les radicaux libres en les « neutralisant » par réaction de réduction.[59]

#### **II.4.1. Les différents types et sources d'antioxydants**

De nombreuses stratégies de défense ont été développées par les cellules. Elles reposent sur l'action de composés appelés antioxydants. Ces molécules ont la capacité de stopper les réactions en réduisant les radicaux libres ce qui entraîne l'arrêt de leur action. Certains de ces composés sont apportés par l'alimentation, c'est le cas des vitamines E, C, et A. D'autres sont endogènes, c'est à dire synthétisés par la cellule tels que le glutathion. De plus, des enzymes comme la catalase, le super-oxyde dismutase et certaines peroxydases permettent d'éliminer les EOR sous forme d'H<sub>2</sub>O. Une déficience ou une absence de ces composés antioxydants entraînent un stress oxydant.[60]

##### **a. Les antioxydants endogènes**

Il y a plusieurs systèmes d'enzymes qui catalysent des réactions pour neutraliser des radicaux libres et des espèces réactives de l'oxygène. Ces mécanismes impliquent principalement des enzymes spécifiques (super-oxyde dismutase ou SOD, catalase, glutathion peroxydase ou Gpx).[61]

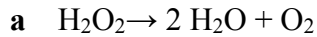
##### **a.1. La superoxydedismutase (SOD)**

La superoxydedismutase (SOD), est une enzyme qui élimine l'anion superoxyde par une réaction de dismutation, elle produit de l'oxygène et du peroxyde d'hydrogène. Cette enzyme existe sous deux formes : une cytoplasmique nécessite comme cofacteur les ions de cuivre et de zinc (CuZnSOD) et l'autre mitochondriale utilise le manganèse comme cofacteur (MnSOD). [61]



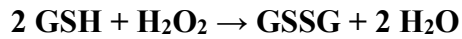
##### **a.2. La catalase**

La catalase est une enzyme intracellulaire, localisée principalement dans les peroxysomes. Elle catalyse la réaction de détoxification du H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (généralement produit par la SOD). Elle est surtout présente au niveau des globules rouges et des hépatocytes. [62]



### a.3. Glutathion peroxydases

Les glutathion peroxydases sont localisées dans le cytosol, le réticulum endoplasmique et dans la membrane interne des mitochondries. Elles permettent de réduire  $\text{H}_2\text{O}_2$  en  $\text{H}_2\text{O}$  en parallèle de l'oxydation du glutathion.



Quatre glutathion peroxydases à sélénium ont été identifiées : cellulaire, extracellulaire, intestinale et la phospholipide glutathion peroxydase.[63]

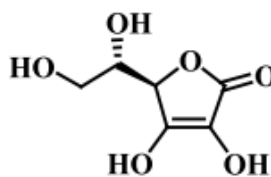
### b. Les antioxydants exogènes

De nombreuses molécules issues de notre alimentation : vitamines, nutriments, composés naturels,...etc. sont considérés comme des antioxydants. Notons à titre d'exemples, les plus courants.[64]

#### b.1. Les vitamines :

##### b.1.1. La vitamine C

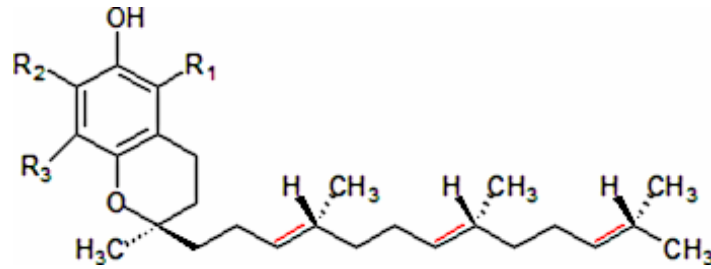
C'est la vitamine la plus connue mais elle est aussi un antioxydant de premier plan qui intervient pour retarder, voire empêcher certaines maladies liées au vieillissement. C'est aussi la première vitamine à réagir avec les radicaux libres et à les neutraliser pour éviter les effets toxiques. On peut la trouver dans la plupart des fruits. Dans certains cas (personnes âgées, fumeurs, sportifs ou femmes enceintes) l'alimentation n'apporte pas assez de vitamine C il faut donc augmenter sa consommation ou tout simplement prendre des suppléments. [65]



Acide ascorbique AscHH

##### b.1.2. La vitamine E

Joue un rôle essentiel dans la protection de la membrane de toutes les cellules de l'organisme. Elle est antioxydante, c'est-à-dire qu'elle contribue à la neutralisation des radicaux libres dans l'organisme. De plus, elle empêche ou réduit l'oxydation des lipoprotéines de faible densité (LDL). Cette oxydation des LDL est associée à l'apparition de l'athérosclérose et donc aux maladies cardiovasculaires. [66]



Vitamine E

### b.1.3. Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont une grande famille qui regroupe plus de 600 molécules. Le plus important et le plus connu des caroténoïdes est le  $\beta$ -carotène. Il a longtemps été étudié pour son activité de provitamine A. Cependant, tous les caroténoïdes ne peuvent pas être convertis en vitamine A. Ils intéressent de plus en plus les chercheurs pour leur pouvoir antioxydant qui n'a pas la vitamine A. Leur fonction dans l'organisme leur est propre et est indépendante de cette conversion.[67]

### II.4.2. Mécanisme d'action des antioxydants

Les antioxydants sont en fait des agents de prévention, ils bloquent l'initiation en complexant les catalyseurs, en réagissant avec l'oxygène ou des agents de terminaison capables de dévier ou de piéger les radicaux libres. Ils agissent en formant des produits finis non radicalaires. D'une manière générale, un antioxydant peut empêcher l'oxydation d'un autre substrat en s'oxydant lui-même plus rapidement que celui-ci. Un tel effet résulte d'une structure de donneurs d'atome d'hydrogène ou d'électrons souvent aromatiques, cas des dérivés du phénol. D'autres, ils interviennent en interrompant la réaction en chaîne de peroxydation, en réagissant rapidement avec un radical d'acide gras avant que celui-ci ne puisse réagir avec un nouvel acide gras. Tandis qu'un autre type d'antioxydants absorbent l'énergie excédentaire de l'oxygène singulier pour la transformer en chaleur.[68]

### II.4.3. Les effets des antioxydants sur la santé

Ce tableau montre l'étude de supplémentation en antioxydants sur les pathologies cardiovasculaires

**Tableau II.3** : récapitulatif des études de supplémentation en antioxydants sur les pathologies cardiovasculaires.[69]

Études	Population	Résultats
Nurses' health study (NHS) (Stampfer et al. N Engl J Med 1993 ; 328 : 1444-9)	87 245 infirmières, âgées de 34 à 59 an	Après 8 ans de régime riche en antioxydant et utilisation de suppléments vitaminiques, les femmes ayant consommé le plus de vitamine E ont un risque abaissé de 34 % d'IM non mortel et de mortalité par maladie coronarienne comparé aux autres. Cette association inverse
Finnish cohort study (Knekt et al. Am J Epidemiol 1994 ; 139 : 1180-9) Iowa	5 133 hommes et femmes, à 69 ans.	Après 14 ans, corrélation inverse significative entre la prise alimentaire âgés de 30 de vitamine E et la mortalité coronarienne.
Iowa women's health study	34 486 femmes ménopausées, âgées de 55 à 69 ans.	Après 7 ans, la prise de vitamine E d'origine alimentaire -mais non celle de suppléments de vitamine E- est fortement associée avec un risque plus bas de mortalité par maladie coronarienne.
MRC/BHF Heart protection study (HPS) (Heart Protection Study Collaborative Group, Lancet 2002 ; 360 : 23-33)	20 536 adultes âgés de 40 à 80 ans avec maladie coronarienne, autres maladies artérielles occlusives, ou diabète.	Après 5 ans de supplémentation vitaminique randomisée (600 mg/j de vitamine E synthétique, 250 mg/j de vitamine C, et 20 mg/j de $\beta$ -carotène) ou placebo, aucune réduction significative de la mortalité ou de l'incidence de maladies vasculaires, cancer, ou autre.

#### II.4.4. Evaluation de l'activité antioxydante

Il existe une grande diversité de méthodes physico-chimiques pour évaluer l'activité anti-oxydante des extraits naturels. Plusieurs méthodes s'intéressent à l'analyse des étapes distinctes du processus d'oxydation comme par exemple la mesure :

- Affaiblissement du substrat, et /ou la consommation de l'oxygène au cours de l'oxydation.
- La formation des produits d'oxydation
- La capacité à piéger les Radicaux libres en différentes phases.

Citons quelques méthodes connues :

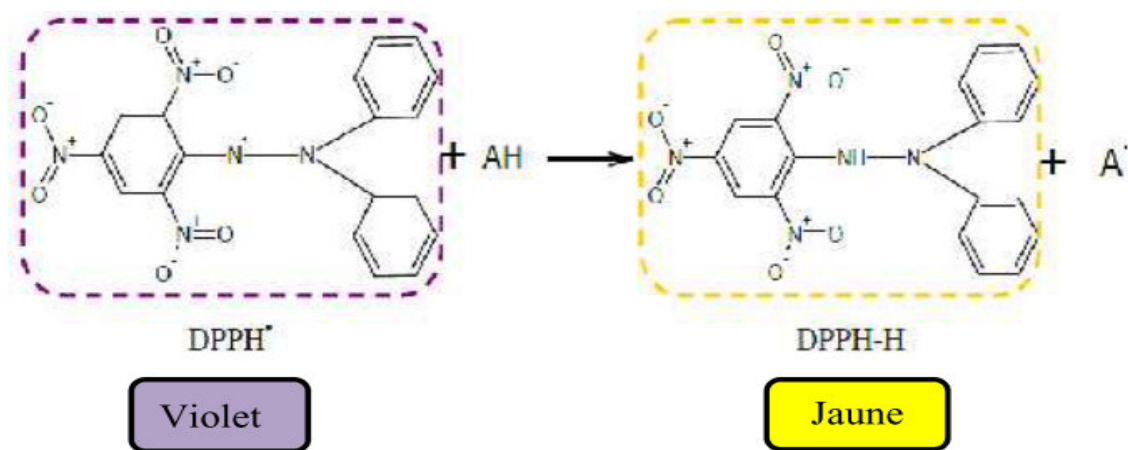
- ❖ Méthode TEAC (Trolox Equivalent Antioxydant Capacity)
- ❖ Méthode de SR - TBA (Substances Reactive Acid Thiobarbuturic)
- ❖ Méthode par résonance paramagnétique électronique (RPE)

- ❖ Test DPPH (1, 1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl)
- ❖ Test de Crocine
- ❖ Détermination de l'indice de peroxyde (IP)
- ❖ Détermination des diènes conjugués [70]

#### II.4.5. Test DPPH (1, 1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl)

La méthode de piégeage du radical libre (DPPH) a été retenue pour évaluer l'activité antioxydante de notre huile essentielle, car elle est reconnue comme étant simple, rapide et efficace en raison de la grande stabilité du radical .[71]

Le test DPPH permet de mesurer le pouvoir antiradicalaire de molécules pures ou d'extraits végétaux dans un système modèle (solvant organique, température ambiante). Il mesure la capacité d'un antioxydant (AH, composés phénoliques généralement) à réduire le radical chimique DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) par transfert d'un hydrogène. [72] L'addition d'un antioxydant à une solution de DPPH (2,2 diphényl-1- picryl hydrazyl) de couleur mauve foncé, conduit à la décoloration de cette dernière (devient jaune pâle), cette décoloration est directement proportionnelle à la capacité antioxydante du produit ajouté [73], Elle peut être suivie par spectrophotométrie en mesurant la diminution de l'absorbance à 517 nm. Ce test s'effectue à température ambiante. Ceci permettant d'éliminer tout risque de dégradation thermique des molécules thermolabiles[74]



**Figure II.3** : Structure du DPPH avant et après la réaction avec un antioxydant [75]

#### II.4.6. La spectrophotométrie

La spectrophotométrie permet de mesurer l'absorbance d'une solution à une longueur d'onde donnée. L'absorbance d'une solution est proportionnelle à la concentration des substances en solution. En effet, lorsqu'un rayonnement monochromatique traverse une solution, une partie de son énergie est absorbée, à condition de se placer à la longueur d'onde à laquelle la substance absorbe les rayons lumineux.



L'absorption d'une longueur d'onde  $\lambda$  par un produit en solution est décrite par la loi de Beer- Lambert :

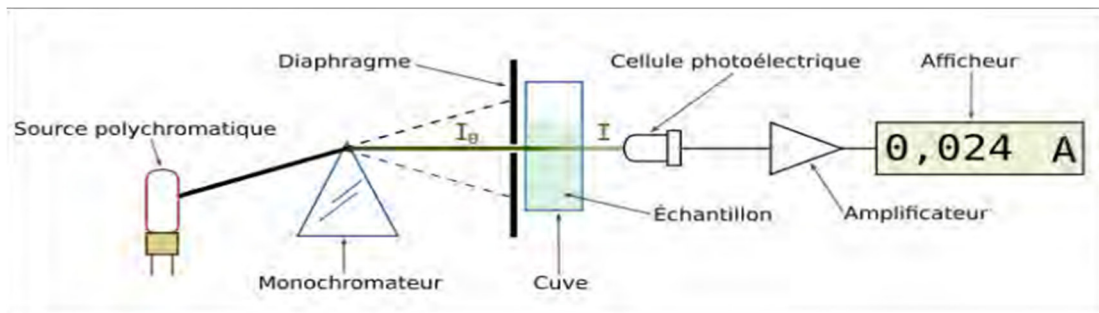
$$A = l \cdot c \cdot \varepsilon$$

Avec A = absorption

l = longueur de la cuve (cm)

c = concentration (mol.L-1)

$\varepsilon$  = coefficient d'extinction molaire (cm-1.mol-1.L)[76]



**Figure II.4 :** Schéma de fonctionnement d'un spectromètre d'absorption

#### II.4.7. Analyse des résultats

Pour chaque concentration en antioxydant, tracer la courbe représentant l'évolution du DPPH° résiduel en fonction du temps et extraire la valeur atteinte au plateau

Reporter ces valeurs sur un graphe en fonction de la concentration en antioxydant. Il s'agit de la "courbe effet-dose".

Déterminer la valeur de "concentration efficace" CE50, concentration en antioxydant nécessaire pour réduire 50% du DPPH initial. Suivant le type d'antioxydant testé, on exprime la CE50 en mol/L (antioxydant pur) ou en g/L figure

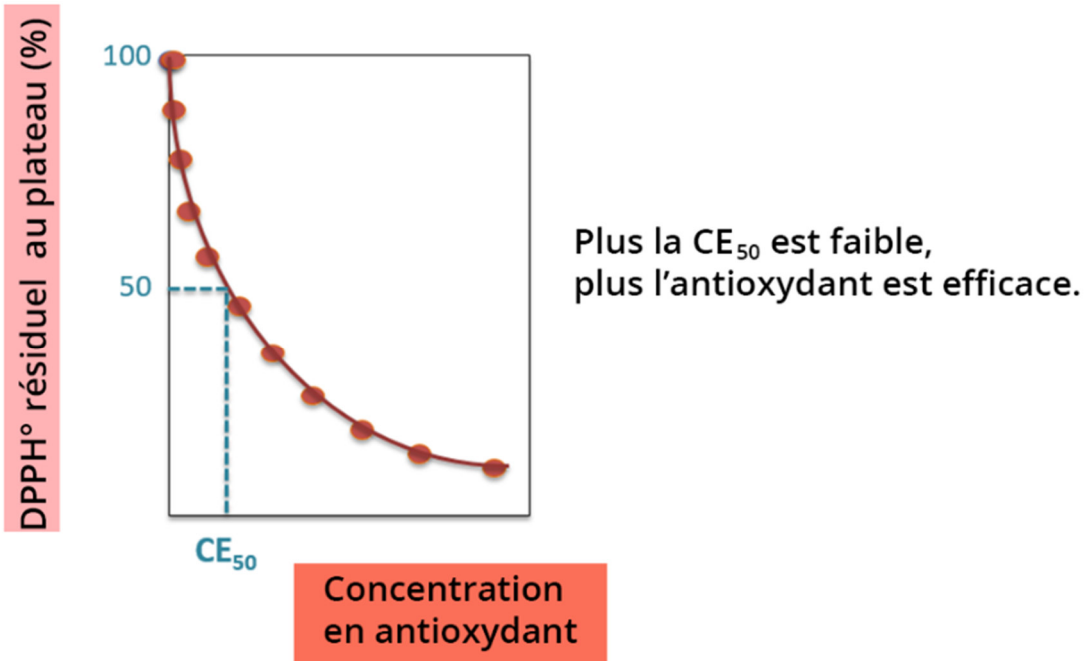


Figure II.5 : schéma d'un courbe effet-dose

### **III.1. Introduction**

Dans cette partie les étapes d'évaluation de l'activité antioxydante des huiles essentielles récupérés de la plante myrtus communis récoltées de deux zones différentes (Chéra. Blida) et (Bejaia) vont être présentées en détail.

### **III.2. Etudes sur les plantes (Revue critique)**

Beaucoup de travaux ont été effectués sur la plante *myrtus communis* parmi eux :

❖ **Sadou Mourad et M. Hamidi Abdelmoumene :**

Ils ont fait une étude sur les Huiles essentielles et extraits éthanoliques de myrtus communis L. : Etude de la composition chimique et de l'activité antioxydante.

L'étude réalisée contribue à l'identification de la composition chimique des huiles essentielles (HE) et des extraits de *Myrtus communis*, ainsi qu'à la caractérisation de leur activité antioxydante, en utilisant différentes méthodes d'analyse et d'évaluation.

L'analyse qualitative de ces essences par CPG sur une colonne capillaire non polaire, a permis d'identifier 36 et 40 composés, respectivement pour l'échantillon de Tifra et celui de Bejaia.

L'analyse semi-quantitative des HE sur une colonne capillaire non polaire HP-5MS par CG/SM, a mis en évidence la prévalence des monoterpènes oxygénés (MO) et des hydrocarbures monoterpéniques (HM). L'étude analytique de l'HE de l'échantillon de Tifra a révélée 04 constituants majoritaires où le 1,8-cineole (24.3%) est le composé principal, suivi par l' $\alpha$ -pinène (18.7%), l' $\alpha$ -terpinéol (7.9%) et geranyl acétate (6.0%). Celle de la région de Bejaia a montré la présence du même nombre de composés majoritaires dont le 1,8-Cineole (27.1%) reste le constituant essentiel, suivi ensuite par l' $\alpha$ -pinène (18.3%), le myrtenyl acétate (8.9%) et le méthyleugenol (5.2%).

Tous les échantillons étudiés manifestent une certaine activité antioxydante en comparaison avec celle du BHT et du BHA. Le degré d'inhibition de l'oxydation varie en fonction de la concentration en huile essentielle et en composés phénoliques [77].

❖ **M<sup>elle</sup> Zirar Nesrine :**

Le travail est réalisé dans le cadre d'évaluer l'activité antioxydante de quelques plantes médicinales : *Cinnamomum cassia*, *Berberis vulgaris*, *Nigella sativa* *Myrtus*

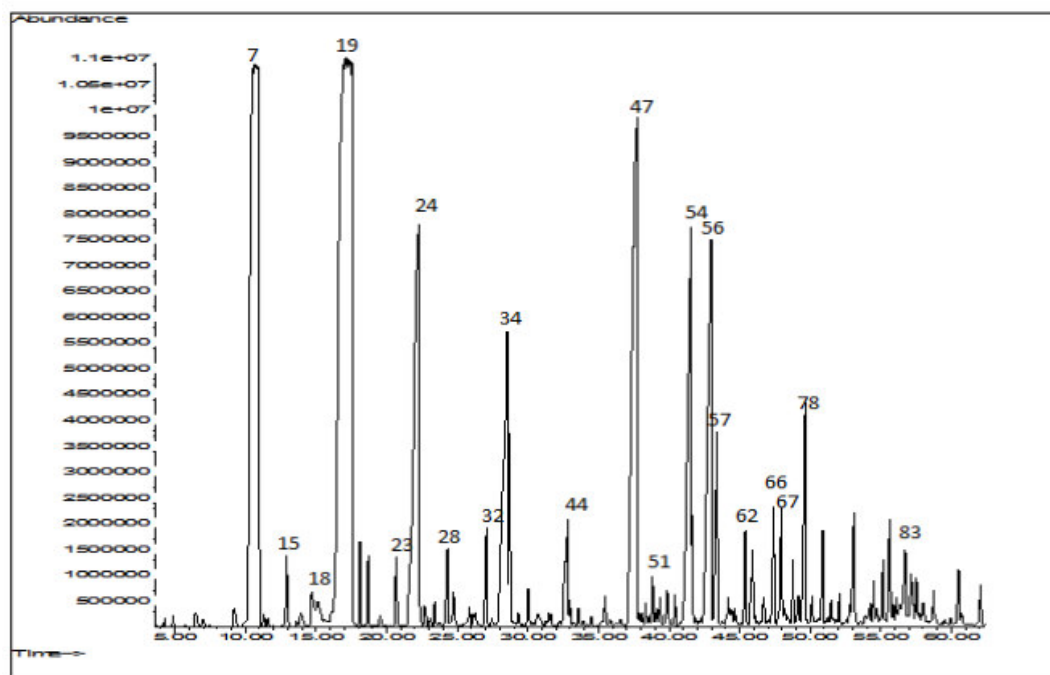
communis et *Trigonella foenum-graecum* (utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète, seuls on sous forme de mélanges).

Les tests photochimiques réalisés lors de cette étude révèle la présence des différentes familles de composés chimiques de métabolites secondaires existant à des teneurs variables selon la plante analysée.

Le dosage des polyphénols et des flavonoïdes totaux a permis de constater que l'extrait aqueux de *Myrtus communis* et *Cinnamomum cassia* présente le taux le plus élevé en polyphénols 295.43 et de 261.51 ug/Eq AG /mg extrait respectivement, alors pour les flavonoïdes totaux l'extrait de *Berberis vulgaris* et de *Cinnamomum cassia* présentent les teneurs les plus élevés 75.86 et de 231.15 ug/Eq de catéchine/mg de extrait respectivement.

Le pouvoir antioxydant, a été mesuré à l'aide de la méthode de DPPH, et les résultats obtenus montrent que l'extrait de *Cinnamomum cassia* et *myrtus communis* présentent le pouvoir antioxydant le plus élevé avec une IC50= 5.87 et 6.30 g/ml respectivement. Ces valeurs sont comparées avec ceux de l'acide ascorbique qui a une concentration de 0,3 mg/ml et avec un pourcentage de réduction 97.41%. [78]

❖ **M. Sadou Mourad et M. Hamidi Abdelmoumene** :ont travaillé sur l'huiles essentielles de Bejaia ,étude de la composition chimique et sa activité antioxydante de la plante *Myrtus communis*. [79]



**Figure III.1:** Chromatogramme obtenu par CPG de l'HE des feuilles de *Myrtus communis*. de la région de Bejaia

Ils ont trouvé que l'analyse chimique de l'HE de feuilles de *Myrtus communis*. de Bejaia a révélée la présence de 04 constituants majoritaires à savoir : 1,8-cineole (27.1%),  $\alpha$ -pinène (18.3%), myrtenyl acétate (8.9%) et méthyleugenol (5.2%).

❖ **Amel Bouzabataa , Faffani Boussahaa , Joseph Casanovabet Félix Tomi :**

ont travaillé sur la composition chimique de 27 échantillons d'huile de *Myrtus communis* isolés à partir de feuilles recueillies à trois endroits en Le nord-est de l'Algérie, il a été étudié par spectroscopie GC (RI) et RMN 13C il ont trouvé :

Les rendements se situaient entre 0,2 et 1,2%, la composition chimique des huiles était largement dominée par les hydrocarbures monoterpéniques, l' $\alpha$  – pinène (40,5-64,0%), 1,8- le cinéole (10,9-29,1%) et le limonène (6,7-8,2%) étant les principaux composés.

La composition est similaire à celle rapportée pour les huiles de myrte de Corse, de Sardaigne et de la Tunisie, mais diffère de celle des huiles de myrte marocaines et espagnoles.[80]

❖ **Amel Bouzabataa, Vincent Castolaa, Ange Bighellia, Lahouari Abedb et Joseph Casanova :**

ont travaillé sur La composition chimique de 55 échantillons d'huile de *Myrtus communis*.

La récolté dans 16 localités de l'est à l'ouest de l'Algérie ont été étudiés par GC et analyses RMN C13. Ils ont trouvé que les huiles essentielles se composaient principalement des monoterpènes,  $\alpha$ -pinène (27,4 - 59,2%) et le 1,8-cinéole (6,1 - 34,3%) sont les principaux composants. Ils étaient également caractérisés par l'absence d'acétate de myrtényle.

Ils ont trouvé que la composition chimique des 55 échantillons analysés dominée par l' $\alpha$ -pinène (27,4 - 59,2%) et le 1,8-cinéole (6,1 - 34,3%). D'autres monoterpènes hydrocarbonés ou oxygénés sont présentés à des teneurs appréciables: limonène (2,9 - 24,3%),  $\alpha$ -terpinéol (1,8 - 5,5%), linalol (0,6 - 15,2%), acétate de géranyle (1,4 - 6,0%), et acétate de linalyle (jusqu'à 13,1%). Ils ont constaté l'absence d'acétate de myrtényle, dans tous les échantillons analysés, y compris l'échantillon obtenu à partir d'une plante récoltée dans l'ouest de l'Algérie.

Ils ont conclu que le myrte d'Algérie est proche à celui décrit en Tunisie, en Corse et en Sardaigne. Une composition analogue est également reportée en Iran, en Egypte et dans des îles méditerranéennes comme Chypre. Contrairement, les huiles

essentielles du myrte contenant des teneurs appréciables d'acétate de myrtényle ont été reportées en Espagne, au Portugal, dans le Centre et le Sud d'Italie, au Monténégro, en Croatie, en Grèce et en Turquie.[81]

### **III.2.1. Conclusion sur la revue critique**

Le myrte d'Afrique du Nord est caractérisé par une variabilité chimique basée sur la présence (Maroc) ou l'absence (Algérie, Tunisie) de l'acétate de myrtényle. Nos résultats associés aux données de la littérature prises dans leur globalité, nous amènent à privilégier l'hypothèse que la chaîne montagneuse de l'Atlas pourrait être une limite naturelle aux deux chémotypes de myrte, produisant une huile essentielle caractérisée par la présence ou l'absence de l'acétate de myrtényle. [82]

**Tableau III.1 :** Gamme de pourcentage d'abondance des principaux composants des échantillons de l'huile essentielle de myrte de divers pays de la Méditerranée.

Composition	Algérie [83]	Monténégro[84]	Maroc[85]
$\alpha$ -pinène	18.3	14.7	13.22
1,8-cinéole	27.1	25.7	48.81
Limonène	1.0	4.1	0,37
Linalol	7.2	10.1	0,30
$\alpha$ -terpinéol	4.4	3.1	3,84
Myrténol	0.1	0.8	1,55
acétate de myrtényle	8.9	21.6	36.67
acétate de géranyle	4.9	3.4	0,10
Méthyleugénol	5.2	0.8	1,07

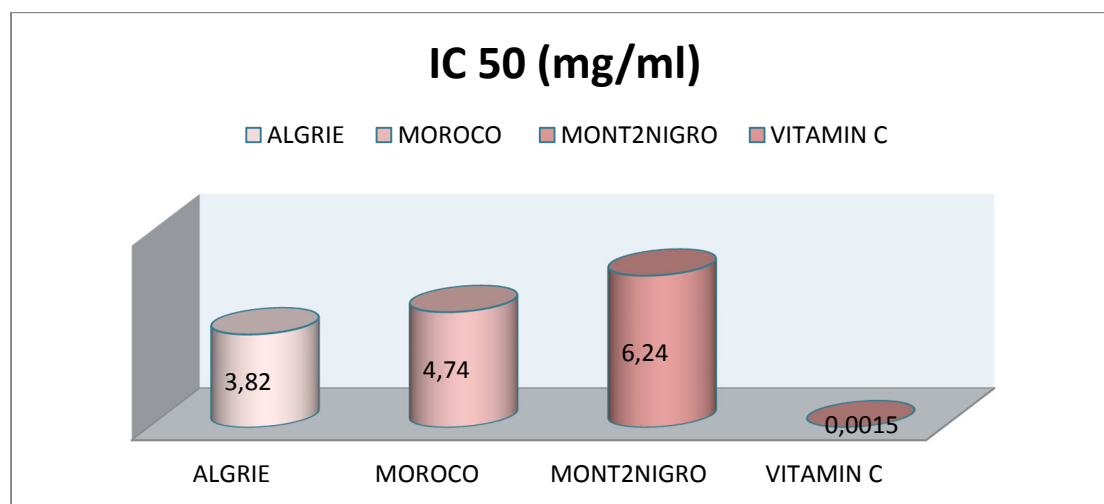
Paul Franceschini dans une étude sur la *Myrtus communis* L. en Corse et en Méditerranée a dit que que l' $\alpha$ -pinène et le 1,8-cinéole, deux composants majeurs signalés dans presque tous les échantillons d'huiles essentielles, contribuent à l'odeur caractéristique de l'huile essentielle de myrte, de toute évidence l'acétate de myrtényle joue un rôle important, étant la principale composante de certains échantillons, en particulier ceux de l'Espagne, du Portugal et du Maroc. Inversement, certains échantillons ont été caractérisés par un très faible niveau ou l'absence d'acétate de myrtényle (échantillons de Corse, la Sardaigne, la Tunisie, l'Algérie).[86]

Le myrte d'Afrique du Nord est caractérisé par une variabilité chimique basée sur la présence (Maroc) ou l'absence (Algérie, Tunisie) de l'acétate de myrtényle. Nos résultats associés aux données de la littérature prises dans leur globalité, nous amènent à privilégier l'hypothèse que la chaîne montagneuse de l'Atlas pourrait être

une limite naturelle aux deux chémotypes de myrte, produisant une huile essentielle caractérisée par la présence ou l'absence de l'acétate de myrtényle.[87][88]

**Tableau III.2 :IC50 des huiles essentielles étudiée**

La région	Algérie	Maroc	Monténégro
IC <sub>50</sub> (mg/mL)	3.82	4.74	6.24



**Figure III.2 : histogramme des valeurs IC50 des différents HE en g/ml**

L'étude de l'activité antioxydante des huiles essentielles de certaines plantes selon la méthode de piégeage des radicaux libres DPPH a montré que toutes les huiles ont une activité antioxydante modérée.

Une différence d'activité antioxydant (IC<sub>50</sub> différent) entre les huiles essentielles de différent pays, cette différence peut être expliquée par l'influence des facteurs environnementaux, écologiques et techniques.

Parmi les différentes huiles essentielles des pays, l'Algérie a une activité antioxydante le plus active, leur IC<sub>50</sub> est de 3.82 mg/ml, suivi de Maroc avec une IC<sub>50</sub> de l'ordre de 4.74 mg/ml après Monténégro avec IC<sub>50</sub> 6.24 mg/ml (Figure III.2).

On remarque que la plante *mrtus comminus* de l'Algérie a une activité antioxydante plus élevée que les autres pays, plus la valeur de l'IC<sub>50</sub> est petite plus l'extrait est considéré comme un antioxydant puissant.

L'activité antioxydante ne peut être attribuée seulement aux polyphénols mais à d'autres composés présents (tanins, saponines, phénanthrènes) dont leur teneur et leur activité antioxydante au niveau des végétaux est non négligeable.[89]

La teneur élevée en composés mono terpéniques oxygénés, réduit l'activité de piégeage des radicaux libres par les HE, et un effet inverse en présence des composés phénoliques. [90]

### **III.3. Matériels et méthodes**

#### **III.3.1. Matériel végétal**

Le matériel végétal utilisé dans notre étude est représenté par : les feuilles de *myrtus communis*.

La plante a été récoltée le mois de février 2019 en vue de connaître l'influence des conditions météorologique et la zone sur les propriétés étudiées.

#### **1) Prétraitement de la plante**

Les feuilles de la plante étudiée ont subi dans une étape préliminaire certaines opérations avant l'étape principale d'extraction

**a) Séchage :** Les feuilles de la plante ont été couvertes et laissées à l'air libre pendant 15 jours.



**Figure III.3 :** Feuilles de la plante après séchage

#### **b) Broyage**

Les feuilles séchées ont été broyées afin d'avoir une surface de contact très importante avec le solvant.





**Figure III.4 :** Etape de broyage

**c) Tamisage :** Cette étape vise à éliminer les déchets ainsi que tout corps étranger.

La séparation est effectuée en fonction de différentes granulométries et les échantillons obtenus sont conservés à l'abri de la lumière et de l'humidité.



**Figure. III.5 :** Feuilles et poudre du myrte (*Myrtus communis*).

### **III.3.2. Matériel de laboratoire**

Afin de bien mener ce travail le matériel suivant est utilisé :

- Spectroscopie UV-visible
- Balance
- Broyeur
- Balon de 1 L

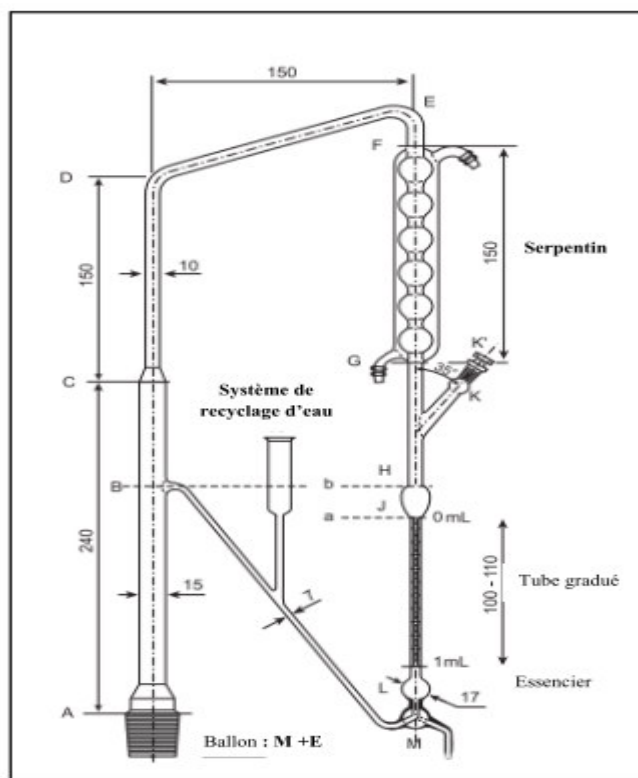
- Clevanger
- Chauffe balon
- Pipettes, fiole jaugée, bécher

### III.3.3. Produits chimiques

- Ethanol
- DPPH

### III.3.4. Méthodes d'extractions

La récupération des huiles essentielles à partir de la plante est réalisée par la méthode de l'hydrodistillation en utilisant le montage clevenger au niveau de laboratoire de sciences de la matière de l'université de "Blida 1".



**Figure III.6 :** Montage d'hydrodistillation.

Afin de récupérer les huiles essentielles on suit le mode de travail ci-dessous :

- On pèse des échantillons de 100 g des feuilles partiellement broyées, de l'espèce étudiée de chaque région,
- On introduit dans un ballon d'un litre rempli d'eau jusqu'à deux tiers (2/3) de son volume et de petite quantité de pierre ponce.

Après installation et fermeture du montage ce dernier est ensuite mis à ébullition pendant 3 heures.

- Le ballon ainsi chauffé produit de la vapeur chargée des substances volatiles, la vapeur chargée de l'huile essentielle se condense dans le serpentin de l'alambic avant d'être récupérée dans un essencier.

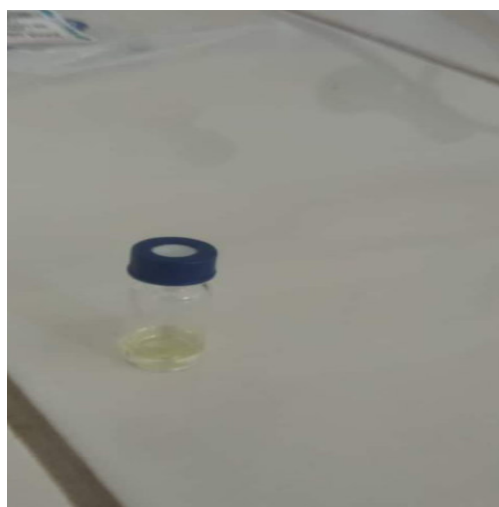
- L'huile essentielle se sépare de l'eau de condensation en raison de sa plus faible densité et se place au-dessus de celle-ci.

- L'huile récupérée est séchée par du sulfate de magnésium pour éliminer le maximum de l'eau puis récupérée et conservée dans un flacon d'auto-échantillonneur et bouchons et stockés dans un endroit frais (4°C) à l'abri de la lumière.



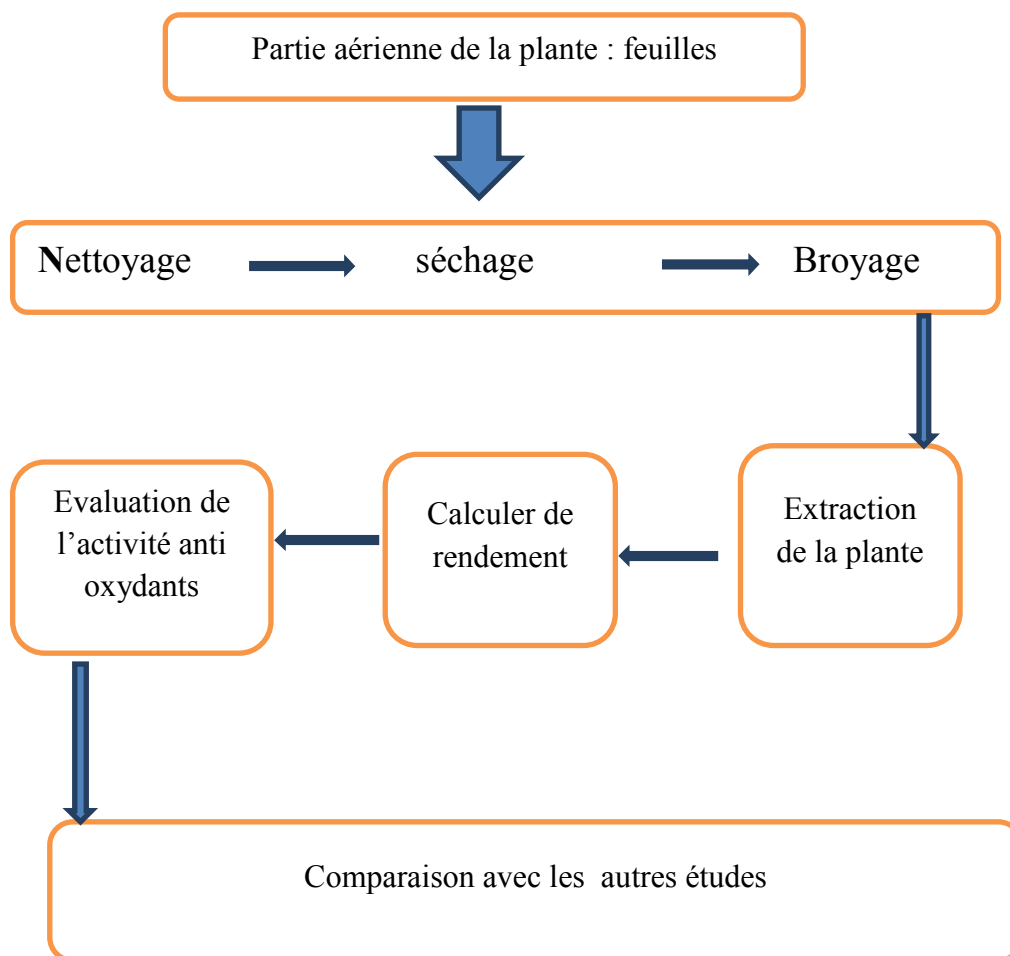
A : Préparation de montage

B : Les deux phases eau et huile



C : Récupération de l'huile

**Figure III.7** : Hydrodistillation à l'aide d'un système de type Clevenger



**Figure III.8 :** Protocole d'étude expérimentale

### **III.3.5. Rendement de l'extraction**

Le rendement en HE est défini comme étant le rapport en pourcentage entre le volume de l'huile essentielle récupérée (ml) et la masse de la matière végétale sèche (g)[1]. Le rendement en HE est donné par la relation suivante :

$$\mathbf{R\ (\%) = (M_{HE} / M_{vs}) * 100}$$

Où : **R**: rendement en extrait fixes en g /100g de matière sèche.

**M<sub>HE</sub>** : masse de l'HE (g).

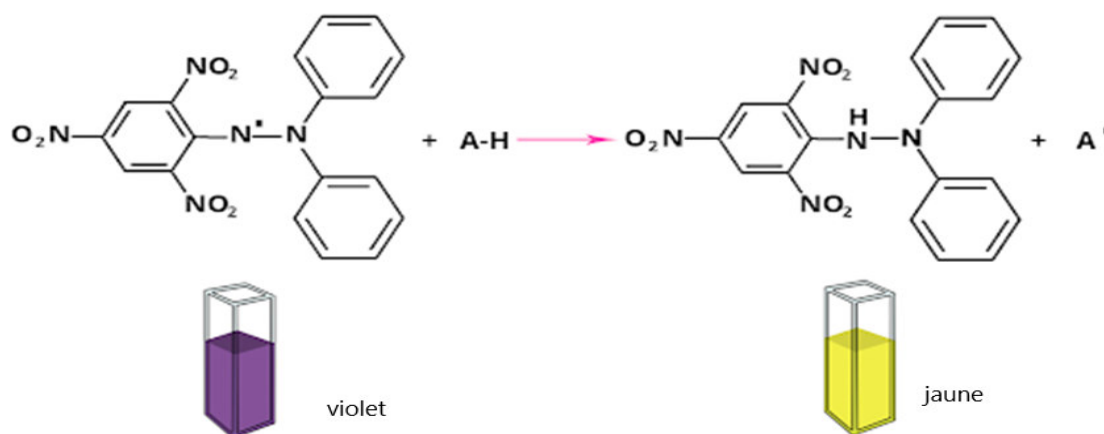
**M<sub>vs</sub>** : quantité de la matière végétale sèche utilisée pour l'extraction exprimée en g

### **III.3.6. Evaluation de l'activité anti radicalaire**

En utilisant la méthode de DPPH pour détermine l'activité antioxydante selon la Méthode :

Le principe de ce test se résume en la capacité de l'extrait à réduire le radical libre DPPH. C'est le composé chimique 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle ( $\alpha, \alpha$ -

diphényl-β-picrylhydrazyle). Il possède un électron non apparié sur un atome du pont d'azote alors qu'il ne forme pas de polymères il est toujours en sa forme monomère cette délocalisation provoque la couleur bleu (Figure III.10). La réduction de cette liaison par liaison covalente avec l'électron libre des antioxydants diminue l'intensité de cette coloration qui va nous permettre de mesurer par spectrophotomètre dans le visible à 517nm.



**Figure III.9** : Méthode de DPPH pour déterminer l'activité antioxydante

L'addition d'un antioxydant à une solution de DPPH (2,2 diphényl-1-ptycrylhydrazyl) de couleur mauve foncé, conduit à la décoloration de cette dernière (devient jaune pâle), cette décoloration est directement proportionnelle à la capacité antioxydante du produit ajouté. Elle peut être suivie par spectrophotométrie en mesurant la diminution de l'absorbance à 517 nm. Ce test s'effectue à température ambiante. Ceci permettant d'éliminer tout risque de dégradation thermique des molécules thermolabiles. [91]

### **III.3.7. Mode opératoire**

#### **❖ Préparation de la solution de DPPH**

- On dissout, dans 100 ml d'éthanol, 4mg de DPPH sous agitation pendant 30 minutes à température ambiante.
- On mesure l'absorbance initial de cette solution  $Abs_0$  à 517 nm

#### **❖ Évaluation de l'activité antioxydante de l'huile essentielle étudiée**

Pour achever cette partie, nous avons préparé une solution test :

- Dans un tube à essai on mélange 1 ml de la solution de DPPH avec 980  $\mu$ l d'éthanol et 20  $\mu$ l d'HE, ce mélange est gardé à l'ombre pendant 30 min.
- Mesurer l'absorbance à 517 nm, de cette solution.

- Le résultat obtenu, dans le cas de la solution teste, à savoir, une absorbance égale à 0.049 nous permet d'une part de stipuler que l'huile étudié possède une activité antioxydante appréciable, d'autre part de préparer une solution mère "concentrée" et des solutions filles "diluées" adéquates comme suit :

❖ *Préparation de la solution mère*

Pour cela, 50 µl de notre HE est mélangée à 1 ml d'éthanol.

❖ *Préparation des solutions filles*

- Nous allons préparer des solutions diluées à partir de la solution mère à différentes concentrations : 10, 20, 30, 40, 50, 70 et 100 µl, ces dernières seront ajuster, avec de l'éthanol, à 1000 µl, auxquelles ajoutera 1000 µl de la solution de DPPH.
- On mesure l'absorbance à 517 nm de chaque solution.
- Le pourcentage d'activité antioxydante (I%) est calculé comme suit :

$$I(\%) = [(Abs\ blanc - Abs\ éch) / Abs\ blanc] \times 100$$

**Abs blanc** : est l'absorbance du DPPH au temps zéro avant l'addition de l'échantillon.

**Abs éch** : est l'absorbance de l'échantillon testé après 20 mn d'incubation.



**Figure III.10** : Protocole de l'activité anti-oxydante

### III.4. Résultats et discussions

#### III.4.1. Calculer de rendement

Le rendement "R" de l'extraction de notre huile essentielle, par le dispositif cleavenger, a été calculé par l'équation suivante :

$$R (\%) = (MHE / Mvs) * 100$$

Exprimé en pourcentage de masse d'extrait par rapport à la masse de la plante séchée, le rendement le plus élevé a été observé avec l'échantillon récupéré de plante de la région de Blida (0.23 %), suivi par la plante de Bejaia (0.11 %).

On remarque que les rendements sont globalement faible cela est due au fait que ces échantillons sont récoltés au mois de février c'est la période dont le rendement est faible (des études effectuées par Paul Franceschini sur la plante de myrtes communs dans différentes périodes d'années) : [92]

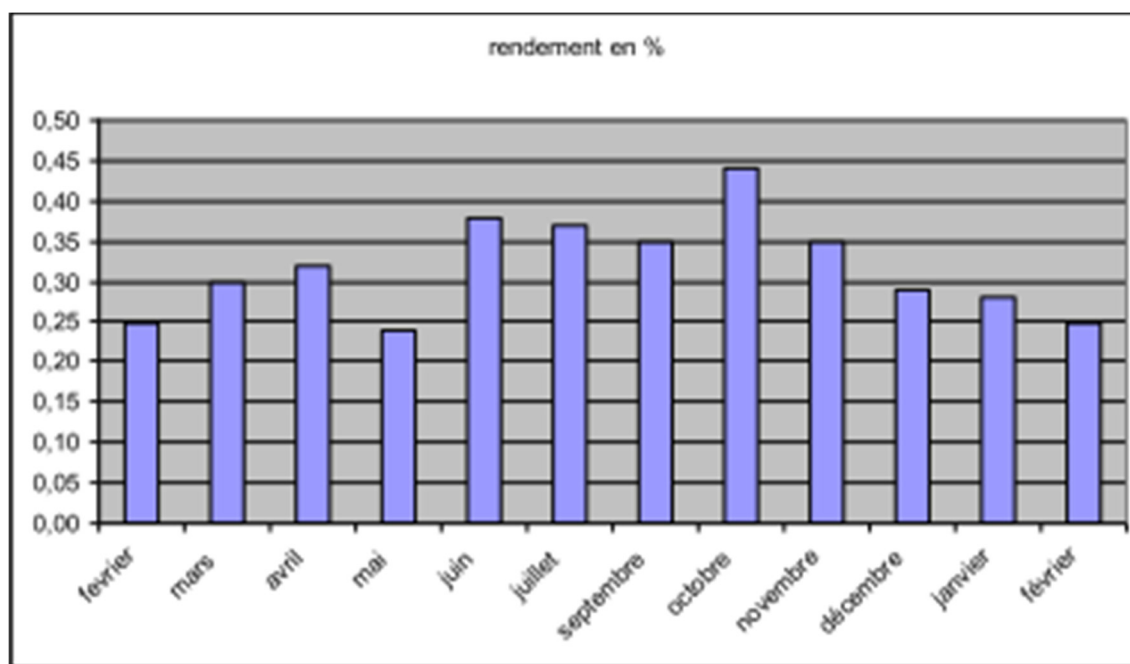


Figure III.11 : Evolution du rendement pour l'extraction de l'huile essentielle de myrtes communs à la région de corse au cours d'une année. [12]

L'huile essentielle récoltée est chimiquement constante tout au long de l'année, il semble que le meilleur moment de l'année pour la récolte se trouve entre juin et novembre car c'est à cette période que les rendements sont les plus importants. Le rendement d'huile essentielle de la région de Bejaia a été faible par rapport à celui de Blida. Il semble donc que le rendement d'huile essentielle du myrte communs varié suivant, la saison de récolte, l'origine de la plante et du climat.

Il est à remarquer encore que la méthode d'extraction, le sol et les conditions de croissance influent sur la qualité et la concentration des composés dans les huiles essentielles, et par conséquent leurs pouvoirs thérapeutiques.

**a. Calcule de pourcentage d'inhibition I %**

Le pourcentage d'inhibition I % du radical DPPH par l'HE est calculé comme suit:

$$\text{Pourcentage d'inhibition du radical DPPH} = \frac{|\text{témoin}| - |\text{échantillon}|}{|\text{témoin}|} \times 100$$

$$I \% = \frac{[AC - AE]}{AC} \times 100$$

**AC:** absorbance en absence de l'inhibiteur (contrôle négatif)

**AE:** absorbance en présence de l'HE

**III.4.2. Evaluation de l'activité antioxydant**

Dans notre travail nous avons étudié l'activité antioxydante de la plante myrtes communs dans deux régions différentes (Blida et Bejaia) ainsi la synergie entre ces plantes, les valeurs obtenues ont permis de tracer des courbes représentées ci-dessous.

**III.4.2.1. Calcule de pourcentage d'inhibition I % d'huile essentielle de Blida**

Les tableaux ci-dessous représentent les valeurs de taux d'inhibition en fonction de la concentration pour chaque solution fille de HE BLIDA.

On remarque que le pourcentage d'inhibition augmente avec l'augmentation de la concentration jusqu'à certain point où il devient constant.

➤ **Essaie 1**

**Tableau III.3 :** Valeurs de taux d'inhibition pour chaque solution

V (µl)	C (mg/ml)	I %
0	0,00	0
10	0,78	3,65
30	2,34	18,31
40	3,18	20,00
50	3,90	33,90
70	5,46	42,37
150	11,70	88,31
200	15,00	89,66



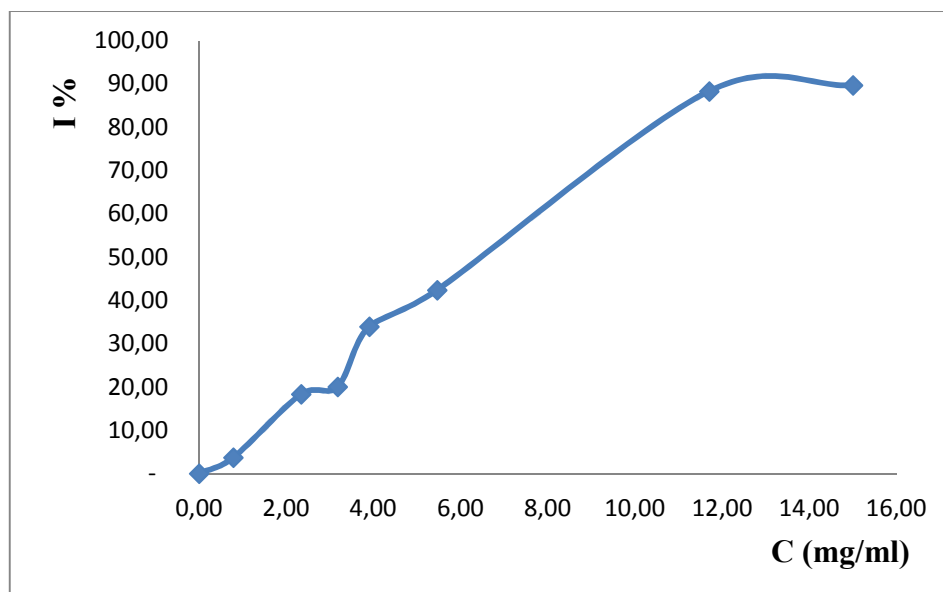


Figure III.12 : Pourcentage d'inhibition de l'HE Blida en fonction de différentes concentrations de l'essai 1.

➤ **Essai 2**

Tableau III.4: Valeurs de taux d'inhibition pour chaque solution

V(μl)	C(mg/ml)	I %
0	0,00	0
10	0,78	3,56
30	2,34	16,10
40	3,18	23,73
50	3,90	30,51
70	5,46	44,24
150	11,70	90,68
200	15,00	90,00

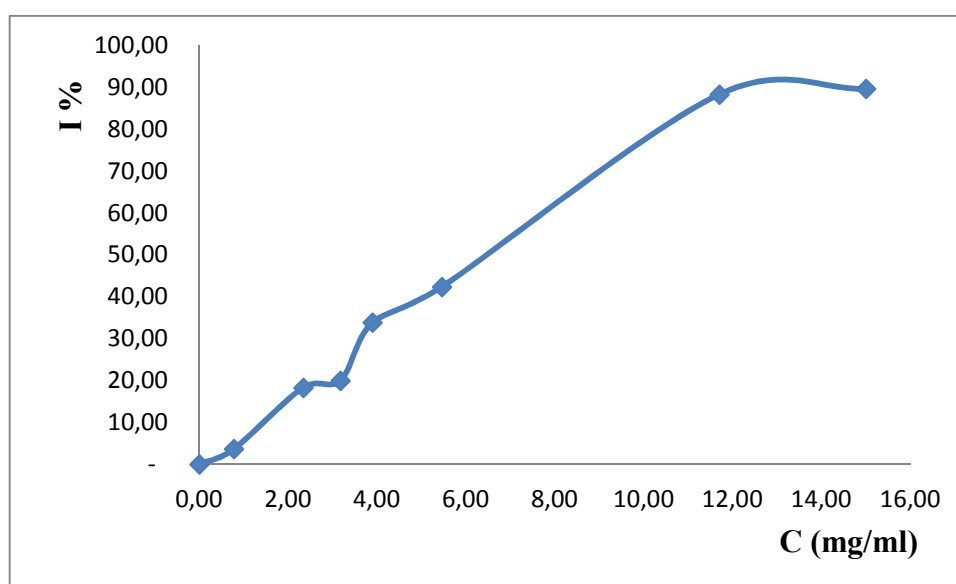
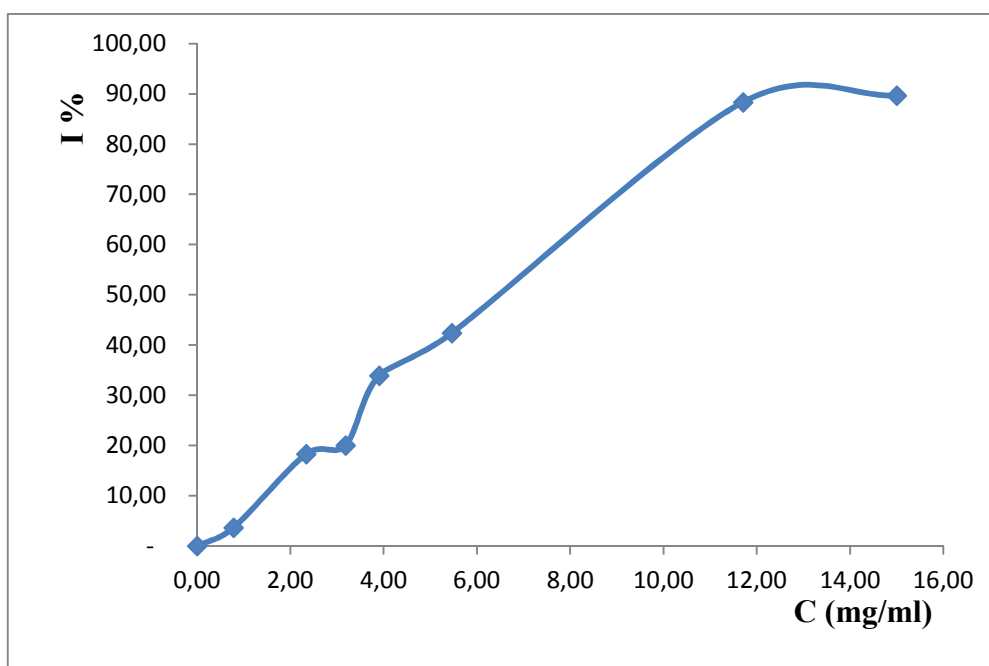


Figure III.13 : Pourcentage d'inhibition de l'HE Blida en fonction de différentes concentrations de l'essai 2.

➤ **Essaie 3**

**Tableau III.5:** Valeurs de taux d'inhibition pour chaque solution

V (μl)	C (mg/ml)	I %
0	0,00	0
10	0,78	11,69
30	2,34	23,39
40	3,18	29,83
50	3,90	32,20
70	5,46	44,91
150	11,70	89,83
200	15,00	89,83

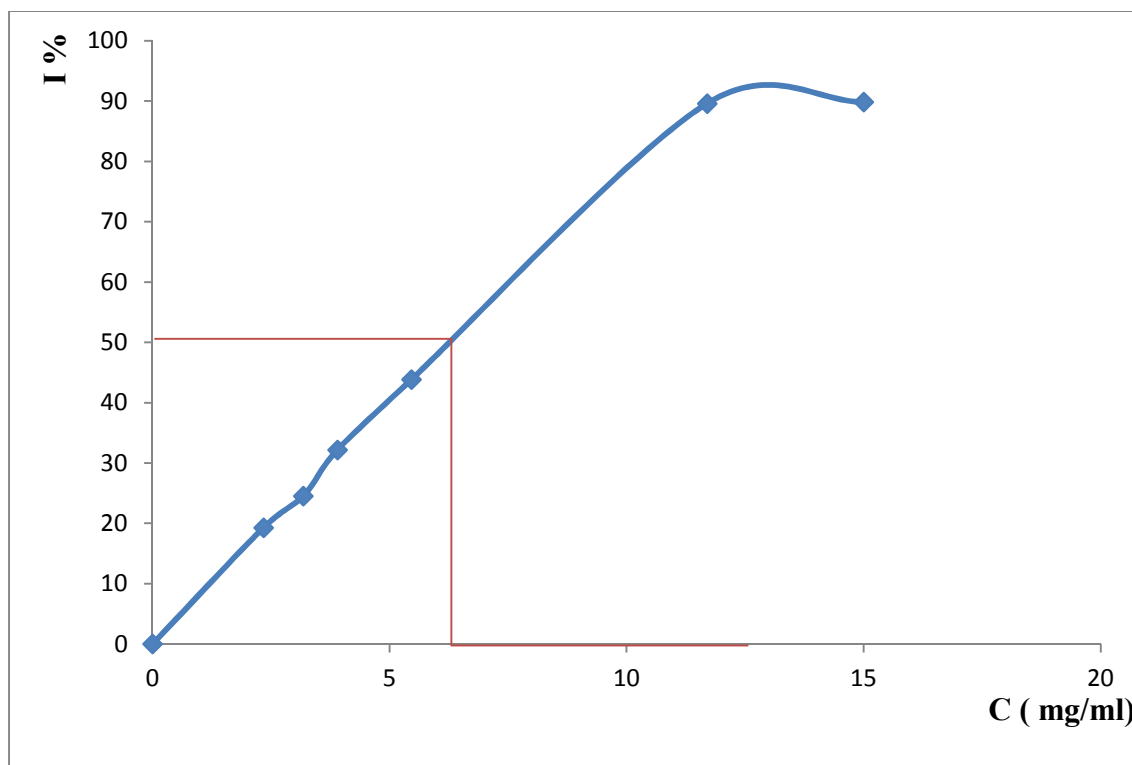


**Figure III.14 :** Pourcentage d'inhibition de l'HE Blida en fonction de différentes concentrations de l'essaie 3.

➤ **Moyenne**

**Tableau III.6:** Valeurs moyenne de taux d'inhibition pour chaque solution

V (μl)	C (mg/ml)	I%
0	0,00	0,00
10	0,78	6,62
30	2,34	19,27
40	3,18	24,52
50	3,90	32,20
70	5,46	43,84
150	11,70	89,60
200	15,00	89,83



**Figure III.15 :** Moyenne de pourcentage d'inhibition de l'HE Blida en fonction de différentes concentrations.

La figure ci-dessus (III.15) représente la variation du pourcentage d'inhibition de l'huile essentielle en fonction de la concentration de myrtus communis récoltée de la région de Blida.

Ce graphe montre que les valeurs sont directement proportionnelles à la variation de concentration, où le pourcentage d'inhibition augmente de 0 jusqu'à 89.60 proportionnellement à l'augmentation de concentration (0 jusqu'à 11.7) avant qu'il se stabilise à partir de valeur 89.60 qui correspond à la concentration de 15 mg/ml.

Cette figure aussi montre la concentration inhibitrice médiane IC50 de l'huile essentielle de la région de Blida qui correspond à la valeur 6.2 (mg/ml).

#### **III.4.2.2. Calcule De Pourcentage D'inhibition I % de l'huile essentielle de Bejaia**

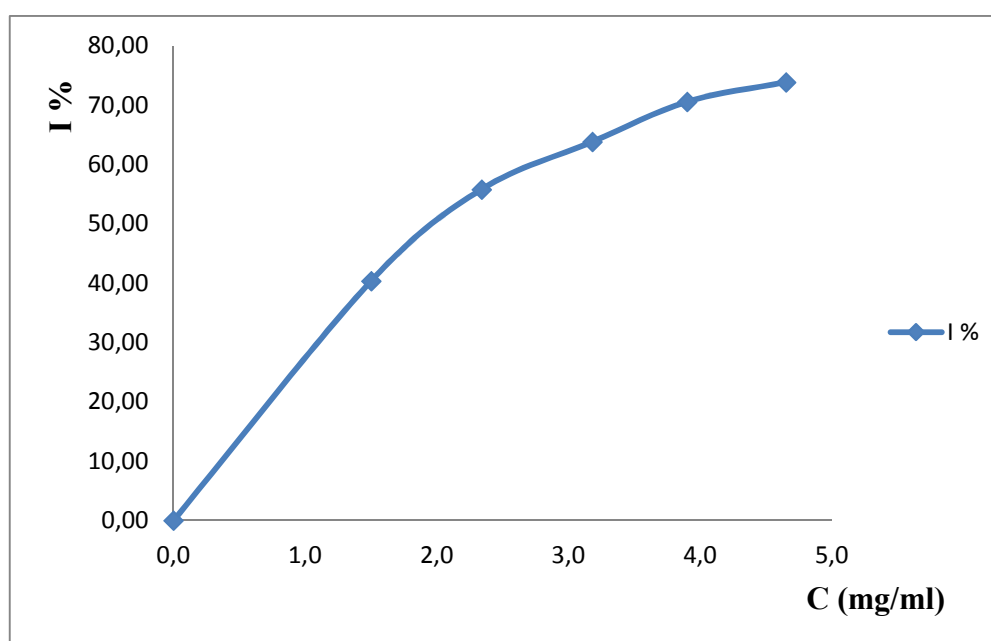
On suit la même méthodologie d'évaluation et d'analyse effectuée dans la première partie pour le calcul de pourcentage d'inhibition I (%) de l'huile essentielle récupérée de la plante myrtus communis de Bejaia.

Deux essais ont été effectués et puis la valeur moyenne est évaluée.

➤ **Essaie 1**

**Tableau III.7 :** Valeurs de taux d'inhibition pour chaque solution

V (μl)	C (mg/ml)	I %
0	0,0	0,00
20	1,5	42,21
30	2,3	52,59
40	3,2	60,30
50	3,9	68,67
60	4,7	73,86



**Figure III.16 :** Le pourcentage d'inhibition I % de l'HE Bejaia en fonction de différentes concentrations de l'essai 1.

➤ **Essaie 2**

**Tableau III.8 :** Valeurs de taux d'inhibition pour chaque solution

V (μl)	C (mg/ml)	I %
0	0,0	0,00
20	1,5	40.33
30	2,3	55.60
40	3,2	63.80
50	3,9	70.55
60	4,7	73,86

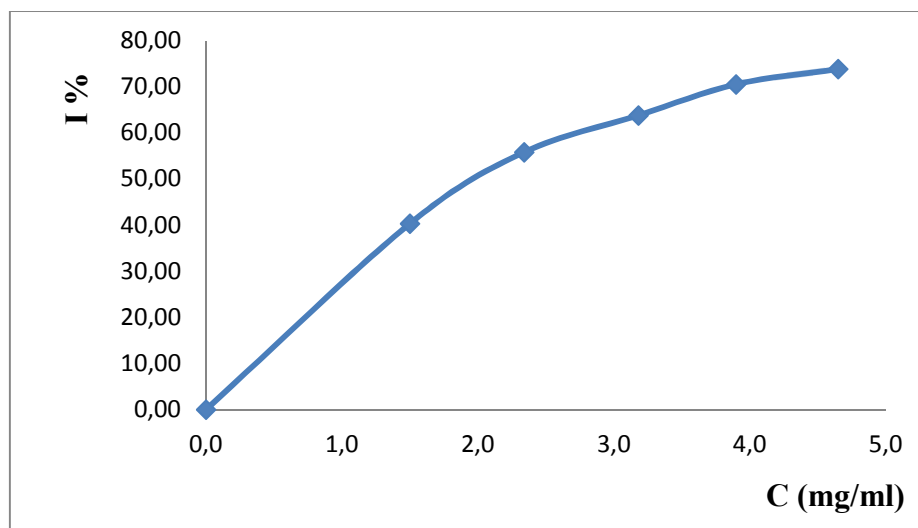


Figure III.17 : Pourcentage d'inhibition I % de l'HE Bejaia en fonction de différentes concentrations de l'essai 2.

Tableau III.9: Valeurs moyennes de taux d'inhibition pour chaque solution

V (μl)	C (mg/ml)	A%
0	0	0
10	0.78	43.20
20	1.56	27.43
30	2.34	24.25
40	3.12	50.80
50	3.9	49.56
70	5.46	55.59
100	7.8	61.80

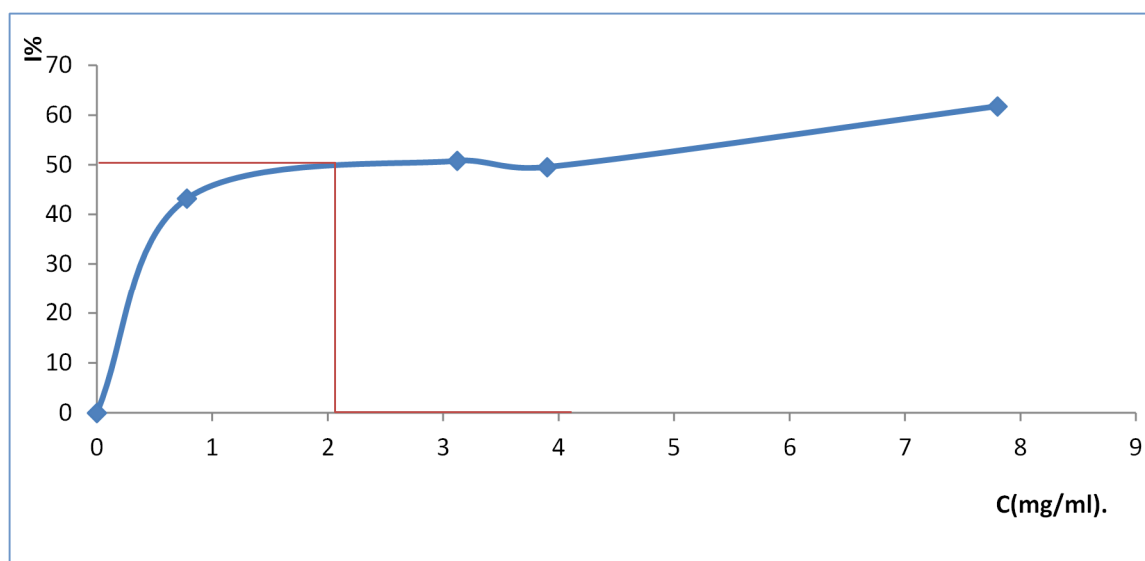


Figure III.18 : La moyenne de pourcentage d'inhibition I % de l'HE Bejaia en fonction de différentes concentrations.

La figure III.18 représente la variation du pourcentage d'inhibition de l'huile essentielle en fonction de la concentration de myrtus communis récoltée de la région de Bejaia.

Ce graphe permet de déterminer le pourcentage d'inhibition obtenu en fonction des concentrations utilisées ainsi que la valeur d'IC50 de Myrtus communis de Bejaia.

Les pourcentages d'inhibition de notre plante augmentent de manière proportionnelle avec la concentration jusqu'à atteindre un plateau où le pourcentage I% présente une valeur maximale égale à 61(mg/ml).

#### **III.4.2.3. Calcule de pourcentage d'inhibition I % d'Acide ascorbique**

Afin d'établir une comparaison de référence des valeurs obtenues des paramètres calculés des huiles essentielles, le taux d'inhibition en fonction de concentrations et le pourcentage d'activité antioxydante de vitamine C sont évalués.

**Tableau III.10** : Les valeurs de taux d'inhibition en fonction de la concentration pour chaque solution fille d'Acide ascorbique

volume (µl)	concentration (mg/ml)	I %
0	0	0
5	0,0005	16
10	0,001	34
40	0,004	93
50	0,005	94
60	0,006	95
80	0,008	95
100	0,01	95
200	0,02	95
300	0,03	95
400	0,04	95

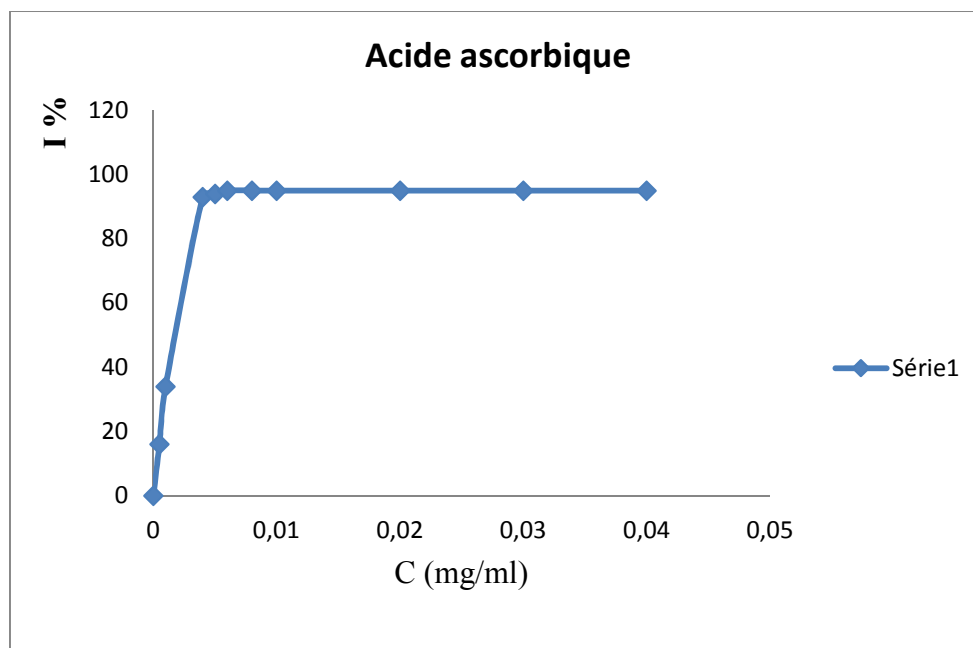


Figure III.19 : La variation du pourcentage d'activité antioxydante (A%) d'Acide ascorbique en fonction de la concentration.

La variation du pourcentage d'activité antioxydante d'Acide ascorbique en fonction de la concentration est représentée dans la figure III.20 où la valeur IC50 est égale à 0.0015 mg/ml.

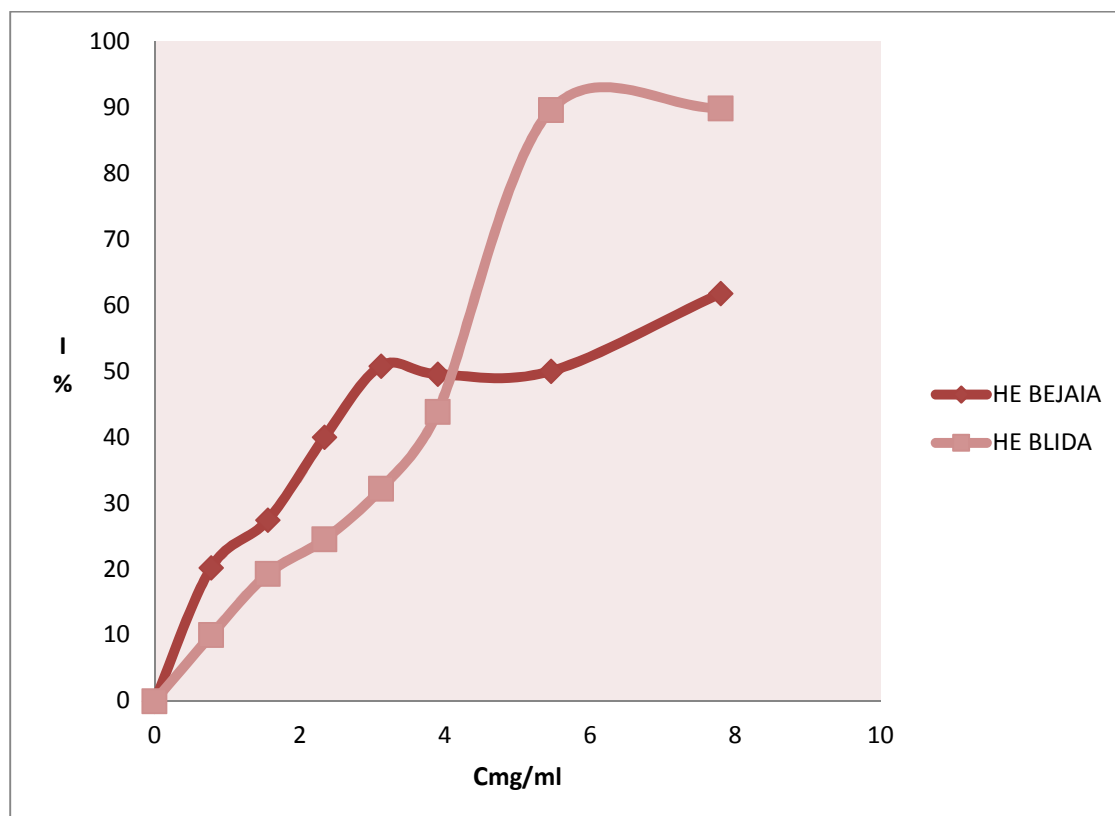
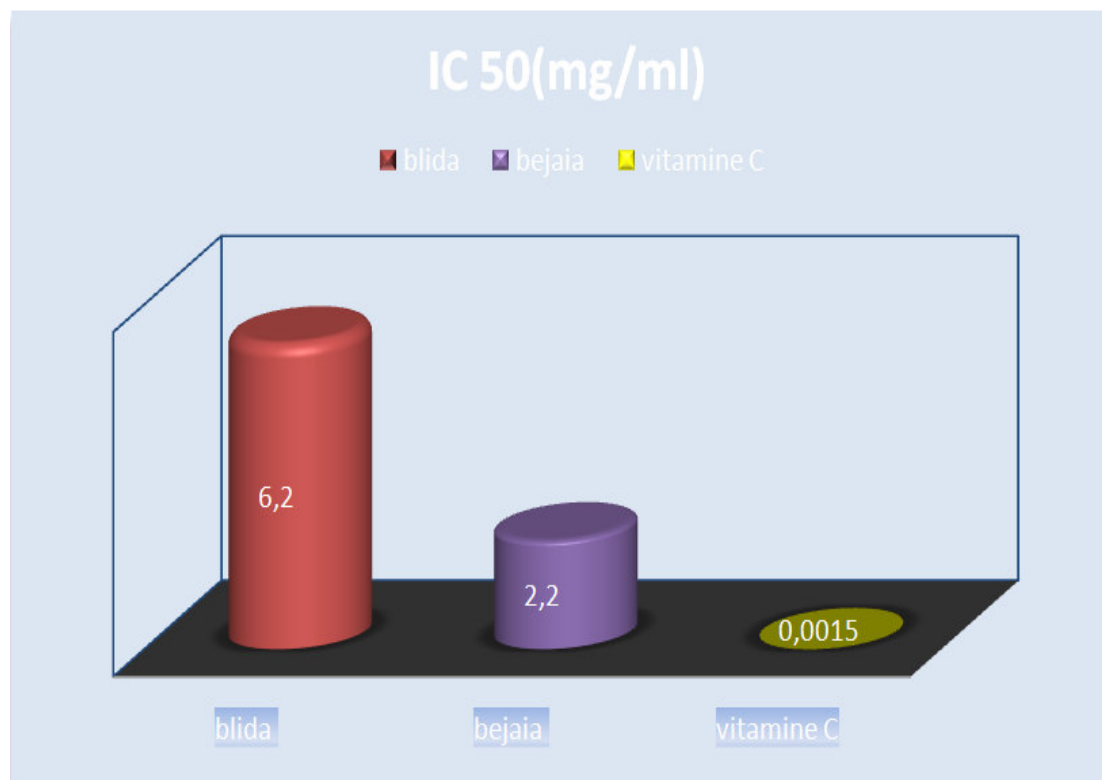


Figure III.20 : La variation du pourcentage d'activité antioxydante A% des HES de wilaya de Blida et Bejaia en fonction de la concentration

**Tableau III.11** : IC50 des huiles essentielles de notre plantes

La région	Blida	Bejaia	Acide ascorbique
IC50 (mg/ml)	6.2	2.2	0.0015



**Figure III.21** : histogramme des valeurs IC50 des différents HE en g/ml

Les résultats des tests DPPH, montrent que l'huile essentielle de myrtus communis de Bejaia présentent un IC50 le plus faible 2.2g/ml suivit par HE de Blida 6.2 mg/ml.

En comparaison avec l'Acide ascorbique, nous pouvons constater que l'HE de myrtus communis de Bejaia est celui qui possède l'activité antioxydante la plus élevé car il a l'IC50 la plus faible (2.2 mg /ml).

Les huiles essentielles du myrte de Bejaia ont montré un pouvoir de piégeage du radical DPPH supérieur à celui enregistré avec l'HE de Blida. Cet écart est expliqué par la différence dans la composition chimique entre les deux huiles testées.



### **III.5. Conclusion**

Dans ce chapitre notre contribution a été bien détaillée. Notre étude a été consacrée aux études et évaluation de l'activité antioxydante des huiles essentielles de la plante médicinale *Myrtus communis* dans deux régions différentes Bejaïa et Blida.

L'extraction de la partie aérienne de la plante a permis d'obtenir des rendements différents. Cela est due à la période de récolte, la méthode d'extraction,

L'étude de l'activité anti-radicalaire du DPPH a montré que l'huile essentielle de la *Myrtus communis* de Bejaia présentent un IC50 le plus faible 2.2g/ml suivi par HE de Blida 6.2 mg/ml. Les huiles essentielles du myrte de Bejaia ont montré un pouvoir de piégeage du radical DPPH supérieur à celui enregistré avec l'HE de Blida.

### Conclusion générale

Les plantes médicinales sont la source de la majorité des antioxydants naturels et elles restent encore sous exploitées dans le domaine médical. Dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique. Les antioxydants sembleraient de manière significative à lutter contre plusieurs maladies, le développement de nouveaux médicaments à base d'antioxydants d'origine naturelle pour éviter les effets secondaires induits par les médicaments.

Notre étude a été consacrée aux études et évaluation de l'activité antioxydante des huiles essentielles de la plante médicinale *Myrtus communis* dans deux régions différentes (Bejaïa et Blida).

L'extraction de la partie aérienne de la plante a permis d'obtenir des rendements qui diffèrent cela est due à la période de récolte, la méthode d'extraction,

L'étude de l'activité anti-radicalaire du DPPH a montré que l'huile essentielle de la *Myrtus communis* de Bejaïa présentent un IC50 le plus faible 2.2g/ml suivi par HE de Blida 6.2 mg/ml. Les huiles essentielles du myrte de Bejaïa ont montré un pouvoir de piégeage du radical DPPH supérieur à celui enregistré avec l'HE de Blida.

La comparaison des résultats des IC50 obtenus avec ceux de l'acide ascorbique, nous a permis de déduire que l'activité antioxydante de *Myrtus communis* testé est plus faible par rapport à celle de l'Acide ascorbique.

L'huile essentielle de myrte se caractérise par une grande variété selon les régions de production. Ces huiles vont être, soit majoritairement composées par le 1,8-cinéol, soit être riches en d'acétate de myrtenyl, soit avoir une composition plus équilibrée d' $\alpha$ -pinène, limonène, 1,8-cinéole, linalol, acétate de myrtényle et d'acétate de linalyle.

Chaque plante a une composition chimique spécifique, la composition des huiles essentielles dépend de plusieurs facteurs (la région, climats ...).

Cette étude confirme l'intérêt des huiles essentielles, nous pouvons dire que les huiles essentielles de *Myrtus communis* ont une bonne activité antioxydante et, aussi une bonne capacité donc on peut l'utiliser dans l'industrie pharmaceutique et alimentaire.

En perspectives, il serait intéressant de poursuivre ce travail afin de :

- L'isolement et l'identification des composés de cette plante responsable de l'activité antioxydante .
- L'étude du pouvoir antioxydant des extraits obtenus par les différentes méthodes d'extraction
- Rechercher d'autres activités biologiques (anti-inflammatoire, anti- diabétique, etc.).
- Tester l'effet anti-radicalaire de Cette HE par d'autres méthodes.
- Procéder à l'encapsulation de l'HE récupérée de cette plante et/ou d'autre plantes.

### Références

- [1] B. Ouafae, Z. Lahcen, F. Mohamed, et E. Houda, « Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri ( Région du Gharb du Maroc ) », p. 191-216, 2011.
- [2] L. Aida, H. Bouleghlem, et K. Bouchelouche, « Etude de l'activité biologique et inhibitrice de la corrosion des extraits de deux plante médicinal Dédicace », 2019.
- [3] R. Algerienne et D. Et, « Par: Maroua Douffi Zineb lakehal Intitulé Contribution à l'étude phytochimique et activité biologique des extraits de Fraxinus excelsior L Soutenu devant le jury composé de : »
- [4] Z. Nesrine, « Contribution à l'étude de l'activité antioxydante de quelques plantes médicinales antidiabétiques », Mémoire de Master, p. 67, 2014.
- [5] U. Sidi, M. Ben, et M. D. E. F. I. N. D. Etudes, « Chimie des Molécules Bio Actives Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles extraites des deux plantes aromatiques et médicinales : Lentisque et Myrte », vol. 212, no 0, p. 2016-2017, 2017.
- [6] P. Franceschini, « Myrtus communis L. en Corse et en Méditerranée: de sa composition chimique jusqu'à ses utilisations thérapeutiques », Thèse, 2016.
- [7] D. D. E. Chimie, « Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Magister », 2006.
- [8] Le guide aroma indispensable, rayon librairie : santé.
- [9] F. D. E. Pharmacie et D. E. C. Ferrand, « Utilisation des huiles essentielles chez l'enfant », n° 18, 2015.
- [10] « Compositiion Chimiquee et l'Activité Antimicrobienne de l'Huile Essentiellee et l'Extrait Butanolique ».
- [11] D. Jury, L. Larbi, et G. Mostefa, « Thèse Doctorat en Sciences », *Pestic. Mod. World – Pestic. Use Manag.*, p. 274–302, 2014.
- [12] M. Nicole, « De l'herboristerie d'antan à la phytothérapie moléculaire du XXIe siècle », *Ed Lavoisier, Paris*, p. 12–14, 1997.
- [13] Effet des biomolécules extraites à partir de différentes plantes de la région de Mascara : Evaluation biochimique des marqueurs d'ostéoarticulation et de l'activité biologique Présentée par Mr. BELKHODJA Hamza Devant
- [14] le marché des plantes aromatiques et médicinales: analyses des tandances du marché mondial .
- [15] B. Ouafae, Z. Lahcen, F. Mohamed, et E. Houda, « Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri ( Région du Gharb du Maroc ) », p. 191–216, 2011.
- [16] J. Bruneton, « Pharmacognosie: phytochimie plantes médicinales », 1993.
- [17] D. Festy, *Ma bible des huiles essentielles*. Éditions Leduc. s, 2018.
- [19] R. Algerienne et D. Et, « Thème Contribution à l'étude des activités antibactérienne et », p. 2016–2017, 2017.
- [20] J. Bruneton, « Huiles essentielles », *Pharmacogn. Phytochim. plantes médicinales. Éditions Tec Doc, 3e édition, Lavoisier, Paris, Fr.*, 1999.

- [21] V. A. Worwood et S. Honnorat, *Aromathérapie pour l'esthéticienne*. Vigot, 2002.
- [22] M. Rullière et A. Porraz, « Conseils en aromathérapie à l'officine: création d'un site internet destiné aux pharmaciens d'officine », 2015.
- [23] « Les techniques d' extraction », p. 1-7. Source : Comité Français du Parfum E. BENETEAUD
- [24] J.-P. MOULIN, D. PAREAU, M. RAKIB, et M. STAMBOULI, « Transfert de matière: Extraction liquide-liquide », *Tech. l'ingénieur. Génie des procédés*, vol. 1, n° J1073, p. J1073-1, 2002.
- [25] « L' Aromathérapie & Les huiles essentielles » Colette Cusson.
- [26] A. El, H. Le, V. D. E. Terpenes, N. Issus, D. E. P. Marocaines, et P. A. R. Transformations, « Thèse », n° Lcc, 2011.
- [28] A. Farah, « Acta Botanica Gallica Effet de la distillation fractionnée sur la composition chimique et l' activité antimicrobienne des huiles essentielles du Myrte ( Myrtus communis L .) du Maroc », n° May, p. 235-242, 2013.
- [29] A. P. de Candolle, *Mémoire sur la famille des Myrtacées*, vol. 9. Pelletier, 1842.
- [30] R. Scientifique, « Caractérisations chimiques et physico-chimiques des extraits hydrosolubles du myrte (Myrtus communis) », 2014.
- [31] N. Mimica-Dukic *et al.*, « Essential oil of myrtus communis l. As a potential antioxidant and antimutagenic agents », *Molecules*, vol. 15, n° 4, p. 2759-2770, 2010, doi: 10.3390/molecules15042759.
- [32] G. Chabert, « Myrtacées et aromathérapie Géraldine Chabert To cite this version : HAL Id : dumas-00925796 », 2014.
- [33] J.-M. Pelt, *La médecine par les plantes*. Fayard, 2014.
- [34] S. Bruna, E. Portis, C. Cervelli, L. De Benedetti, T. Schiva, et A. Mercuri, « AFLP-based genetic relationships in the Mediterranean myrtle (Myrtus communis L.) », *Sci. Hortic. (Amsterdam)*, vol. 113, n° 4, p. 370-375, 2007.
- [35] S. Achat, K. Madani, F. Dahmoune, S. Medouni, et S. Tamendjari, « Thème de Myrtus communis L en vue de leur incorporation Remerciements », p. 2012-2013.
- [36] P. Franceschini, « Myrtus communis L . en Corse et en Méditerranée : de sa composition chimique jusqu' à ses utilisations thérapeutiques », *Thèse*, 2016.
- [37] A. Boudjelal *et al.*, « Herbalists and wild medicinal plants in M'Sila (North Algeria): An ethnopharmacology survey », *J. Ethnopharmacol.*, vol. 148, n° 2, p. 395-402, 2013, doi: 10.1016/j.jep.2013.03.082.
- [30] P. Franceschini et U. F. R. D. E. S. S. Pharmaceutiques, « Myrtus communis L . en Corse et en Méditerranée : de sa composition chimique jusqu' à ses utilisations thérapeutiques To cite this version : HAL Id : dumas-01315207 DIPLOME D' ETAT de DOCTEUR EN PHARMA CIE Myrtus communis L . en Corse et en Méditerranée », 2016.
- [38] Myrtus communis L . en Corse et en Méditerranée : de sa composition chimique jusqu' à ses utilisations thérapeutiques : Franceschini, Paul
- [39] J. N. Kabera, E. Semana, A. R. Mussa, et X. He, « Plant secondary metabolites:

## Références

---

- biosynthesis, classification, function and pharmacological properties », *J Pharm Pharmacol*, vol. 2, p. 377-392, 2014.
- [40] Métabolites secondaires bioactifs des champignons endophytes isolés de *Retama raetam* (Forssk.)
- [41] Les Antioxydants De Nos Jours : Définition Et Applications.
- [42] Stress oxydant et pathologies humaines auteure Favier, A.
- [43] Les Antioxydants De Nos Jours : Définition Et Applications. DESMIER, Thomas
- [44] Hybertson BM, Gao B, Bose SK, McCord JM. Oxidative stress in health and disease: The therapeutic potential of Nrf2 activation. *Mol Aspects Med.* août 2011;32(4-6):234-46
- [45] Contribution à l'étude phytochimique et activités biologiques in vitro de l'espèce *Myrtus communis* L. par SEGHAOUIL Manel
- [46] doctorat de l'université de toulouse présentée par benaissa bouguernne
- [47] J. Du et J. M. Gebicki, « Proteins are major initial cell targets of hydroxyl free radicals », *Int. J. Biochem. Cell Biol.*, vol. 36, n° 11, p. 2334-2343, 2004.
- [48] C. Pastre, « Intérêt De La Supplémentation En Antioxydants Dans L'alimentation Des Carnivores Domestiques », *Prod. Anim.*, 2005.
- [49] T. DESMIER, « Les Antioxydants De Nos Jours : Définition Et Applications », p. 85, 2016.
- [50] B. M. Hybertson, B. Gao, S. K. Bose, et J. M. McCord, « Oxidative stress in health and disease: the therapeutic potential of Nrf2 activation », *Mol. Aspects Med.*, vol. 32, n° 4-6, p. 234-246, 2011.
- [51] Etude de l'activité anti-ulcéreuse de l'extrait n-butanol de *Centaurea* sp par GASMI Abdelbaki
- [52] V. Visentin, D. Prévot, L. Marti, et C. Carpéné, « Inhibition of rat fat cell lipolysis by monoamine oxidase and semicarbazide-sensitive amine oxidase substrates », *Eur. J. Pharmacol.*, vol. 466, n° 3, p. 235-243, 2003.
- [53] J. F. Curtin, M. Donovan, et T. G. Cotter, « Regulation and measurement of oxidative stress in apoptosis », *J. Immunol. Methods*, vol. 265, n° 1-2, p. 49-72, 2002.
- [54] R. Algérienne et D. Et, « Par : Maroua Douffi Zineb lakehal Intitulé Contribution à l'étude phytochimique et activité biologique des extraits de *Fraxinus excelsior* L Soutenu devant le jury composé de : »
- [55] A. Favier, « Le stress oxydant: Intérêt conceptuel et expérimental dans la

## Références

---

- compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique », *Actual. Chim.*, n° 11□12, p. 108□115, 2003.
- [56] R. S. Sohal, R. J. Mockett, et W. C. Orr, « Mechanisms of aging: an appraisal of the oxidative stress hypothesis », *Free Radic. Biol. Med.*, vol. 33, n° 5, p. 575□586, 2002.
- [57] R. Kohen et A. Nyska, « Invited review: Oxidation of biological systems: oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods for their quantification », *Toxicol. Pathol.*, vol. 30, n° 6, p. 620□650, 2002.
- [58] L. E. S. Oxydatif, « Le stress oxydatif », *Arch. des Mal. du Coeur des Vaiss. - Prat.*, n° 141, p. 28□30, 2005, doi: 10.1016/s1261-694x(05)88111-8.
- [59] Micronutriments et risque cardiovasculaire par Bonnefont-Rousselot.
- [60] E. Chabory, « Caractérisation fonctionnelle de la glutathione peroxydase 5 murine Eléonore Chabory To cite this version : HAL Id : tel-00725945 Thèse », 2012.
- [61] I. Vouldoukis *et al.*, « Supplementation with gliadin□combined plant superoxide dismutase extract promotes antioxidant defences and protects against oxidative stress », *Phyther. Res.*, vol. 18, n° 12, p. 957□962, 2004.
- [62] Z. Fatima, « Activité antioxydante des extraits de racines *Tamus communis* L. et caractérisation des substances bioactives D », 2014.
- [63] Makkar. H.P.S. (2003). Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to over come detrimental effects of feeding tannin-richfeeds, *Small Ruminant Research*, (49) : 241-25
- [64] M. Boudjouref, « Etude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d '*Artemisia campestris* L. », *Thèse De Magister*, 2011. [
- 65] Gardès-Albert M, Dominique Bonnefont-Rousselot, Zohreh Abedinzadeh Z et Daniel Jore D. (2003). Espèces réactives de l'oxygène: Comment l'oxygène peut-il devenir toxique ? L'actualité chimique. pp: 91-96
- [66] J.-L. Guignard, « Biochimie végétale », 2000.
- [67] Interêt De La Supplémentation En Antioxydants Dans L ' Alimentation Des Carnivores Domestiques par Pastre, Carole
- [68] J. Sun, Y.-F. Chu, X. Wu, et R. H. Liu, « Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits », *J. Agric. Food Chem.*, vol. 50, no 25, p. 7449□7454, 2002.

## Références

---

- [69] D. Bonnefont-Rousselot, « Micronutriments et risque cardiovasculaire », *Nutr. Clin. Metab.*, vol. 26, no 1, p. 14-21, 2012, doi: 10.1016/j.nupar.2011.12.003.
- [70] Contribution à l'étude phytochimique et à l'effet antioxydant de l'extrait méthanolique d'*Eruca vesicaria* : CHAIB Marwa
- [71] Bozin B., Mimica-Dukic N Et Samojlik I. Phenolics as antioxidants in garlic (*Allium sativum* L., Alliaceae). *Food Chemistry*. 2008; 111:925-929.
- [72] Essential oil of *myrtus communis* L. As a potential antioxidant and antimutagenic agents by Mimica-Dukic, Neda Bugarin, Dušan
- [73] Bounatirou S, Smiti M.G, Miguel L, Faleiro M.N, Rjeb M, Neffati M.M, Costa A.C, Figueiredo J.G. B et Pedro L.G. 2007. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of the essential oils isolated from Tunisian *Thymus capitatus* Hoff et Link, S. *Journal of Food Chemistry*. 105 :146-155.
- [74] Cai Y. Z, Sun M, Xing J, Luo Q et Corke H. 2006. Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. *Journal of Life Sciences*. 78 (25): 2872-2888
- [75] G. Tahar et S. Nadjim, « Thème Dosages biochimiques et mesure des activités biologiques ( antioxydante et antifongique ) des composés bioactifs du », 2015.
- [76] Plantes médicinales et antioxydants par GUILLOUTY Amandine