

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة المسيلة

UNIVERSITE DE M'SILA



FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE

MEMOIRE: MASTER ACADEMIQUE

DOMAINE: SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE: BIOLOGIE

OPTION: ANALYSES BIOCHIMIQUES

Présenté par

**GHAZEL Khadidja**

Thème:

**ETUDE ETHNO-PHARMACOLOGIQUE ET EVALUATION DE  
L'ACTIVITE ANTIOXYDANTE DES EXTRAITS D'*Ocimum basilicum* L.**

DEVANT LE JURY:

**MEDJEKAL Samir**

**MAA**

**Président**

**BENABDALLAH Hassiba**

**MCB**

**Promotrice**

**BOUDJELAL Amel**

**MCB**

**Examinatrice**

**REGAMI Yacine**

**MAA**

**Examineur**

*Promotion: 2013-2014*

## *Remerciements*

*Avant toute chose, je remercie Dieu, le tout puissant, pour m'avoir donné la santé, la puissance et la volonté pour réaliser ce mémoire.*

*J'adresse tout d'abord mes sincères remerciements à ma promotrice **Dr. H. Benabdallah** pour sa direction, ses conseils judicieux, ses informations, pour sa grande patience et sa disponibilité dans les moments où j'en avais besoin.*

*Je remercie **Dr. A. Boudjelal, Mr. S. Medjekal et Mr. Y. Regami** d'avoir accepté de juger mon travail.*

*Je remercie vivement **Mr. A. Tyayba, Mr. N. Handel et Mr A. Benkhaled** pour leurs aide et conseils.*

*je remercie aussi **Fayza Baali** pour sa gentillesse et ses encouragements continus.*

*mes sincères remerciements vont également à l'ensemble des enseignants du département de Microbiologie et Biochimie et à ceux et celles qui m'ont aidé d'une façon ou d'une autre, de près ou de loin dans mon travail, je les remercie du fond du cœur.*

# Dédicace

*A l'aide de Dieu le tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie, j'ai pu réaliser ce travail que je dédie:*

*A la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie ma mère qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour son sacrifice et soutien. Elle m'a donné la confiance, le courage et la sécurité.*

*A mon cher père qui m'a appris le sens de la persévérance tout au long de mes études, pour son sacrifice, ses conseils et ses encouragements.*

*A mes très chères sœurs Wahiba et Shahra*

*A mon frère: Albay*

*A toute la famille Ghazel*

*A mes amis*

## Résumé

---

*Ocimum basilicum* L. (*O. basilicum* L.) connue sous le nom vernaculaire «Reyhan ou H'baq» est une plante médicinale de la famille des Lamiacées, largement utilisée en médecine traditionnelle algérienne.

Dans le présent travail une enquête basée sur les interrogations directes portant sur l'usage d'*O. basilicum* L. dans la pharmacopée traditionnelle est effectuée dans la région de M'sila. Dans cette enquête, 33 propriétés thérapeutiques d'*O. basilicum* L. ont été noté. Il apparait aussi que la décoction des feuilles sous forme fraîche ou sèche est le mode d'utilisation le plus fréquent.

Deux extraits sont préparés à partir des feuilles de cette plante l'un méthanolique et l'autre aqueux. Les rendements en extraits bruts sont de l'ordre de 28.67% et 15.24% pour l'extrait méthanolique et aqueux respectivement. L'étude phytochimique a permis de mettre en évidence l'existence de plusieurs composés parmi lesquels: les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins et les huiles essentielles. L'estimation quantitative des polyphénols et des flavonoïdes totaux montre que les deux extraits contiennent ces composés. En effet, l'extrait méthanolique contient une forte teneur en polyphénols ( $225.99 \pm 3.13$  mg d'équivalent d'acide gallique/g d'extrait) et en flavonoïdes ( $83.63 \pm 3.48$  mg d'équivalent de quercétine/g d'extrait). L'évaluation du pouvoir antioxydant est réalisée en utilisant la méthode du piégeage du radical libre 2, 2'-diphényl-1-picryl hydrazyl (DPPH) avec le Butylhydroxytoluène (BHT) comme standard. Les résultats révèlent que l'extrait méthanolique a une capacité de piégeage du radical libre importante avec une  $IC_{50}$  de  $304.82 \pm 24.15$   $\mu$ g/ml; cette dernière reste supérieure à la capacité du piégeage de BHT, dont l' $IC_{50}$  est  $327.46 \pm 13.11$   $\mu$ g/ml. Par contre, l'extrait aqueux présente un effet plus faible avec une  $IC_{50}$  de l'ordre de  $2122.81 \pm 107.77$   $\mu$ g/ml.

**Mots clés:** BHT, DPPH, flavonoïdes, *Ocimum basilicum* L., polyphénols.

## Abstract

---

*Ocimum basilicum* L. (*O. basilicum* L.) known by the common name "Reyhan or H'baq" is a medicinal plant of the Lamiaceae family, widely used in Algerian traditional medicine.

In the present work a survey based on direct questions on the use of *O. basilicum* L. in traditional medicine is carried out in the region of M'sila. In this survey, 33 therapeutic properties of *O. basilicum* L. were noted. It also appears that the decoction of the fresh or dry leaves is the most frequent use.

Two extracts are prepared from the leaves of this plant, one is methanolic and the other is aqueous. The yields of crude extracts are in order of 28.67% and 15.24% for the methanol and aqueous extract respectively. The phytochemical study revealed that this plant contains: polyphenols, flavonoids, tannins and essential oils. The quantitative estimation of total polyphenols and flavonoids shows that both extracts contain these compounds. Indeed, the methanolic extract contains a high content of polyphenols ( $225.99 \pm 3.13$  mg gallic acid equivalent/g of extract) and flavonoid ( $83.63 \pm 3.48$  mg quercetin equivalents/g extract). Evaluation of the antioxidant power is carried out using the method of free radical trapping 2, 2'-diphenyl-1-picryl hydrazyl (DPPH) and the Butylated hydroxytoluene (BHT) as standard. The results indicate that the methanolic extract has an important capacity of trapping of the free radical with an  $IC_{50}$  of  $304.82 \pm 24.15$   $\mu$ g/ml, which is higher than the capacity of trapping of BHT, whose  $IC_{50}$  is  $327.46 \pm 13.11$   $\mu$ g/ml. As against, the aqueous extract presents a lower effect with an  $IC_{50}$  in order of  $2122.81 \pm 107.77$   $\mu$ g/ml,.

**Keys words:** BHT, DPPH, flavonoids, *Ocimum basilicum* L., polyphenols.

الريحان أو الحبق *Ocimum basilicum L.* هو نبات طبي من العائلة الشفوية يستخدم على نطاق واسع في الطب التقليدي الجزائري.

أجرينا في دراستنا هذه تحقيقا اعتمد على طرح أسئلة مباشرة حول استعمال هذا النبات في الطب التقليدي في منطقة المسيلة. سمح التحقيق بإحصاء 33 خاصية علاجية لهذا النبات كما بين أن الطريقة الأكثر استعمالا هي طريقة النقع بالغلي للأوراق الطازجة أو الجافة.

تم تحضير مستخلصين من أوراق هذا النبات: أحدهما ميثانولي و الآخر مائي. مردود المستخلصات الخام كان 28.67% و 15.24% بالنسبة للمستخلصين الميثانولي والمائي على التوالي. بينت الدراسة الكيميائية النباتية وجود العديد من المركبات النشطة في هذا النبات منها عديدات الفينول، الفلافونويدات، الدباغ والزيوت الأساسية. أظهر التحليل الكمي وجود كل من عديدات الفينول والفلافونويدات في كلا المستخلصين. لكن كانت كميتها أكبر في المستخلص الميثانولي، حيث كانت كمية عديدات الفينول ( $3.13 \pm 225.99$  ملغ مكافئ لحمض الغاليك/غ من المستخلص) والفلافونويدات ( $3.48 \pm 83.63$  ملغ مكافئ حمض الكارستين/غ من المستخلص).

تمت دراسة الفعالية المضادة للأكسدة باستعمال الجذر الحر، 2، 2'-ثنائي الفينيل-1-بيكريل هيدرازيل (DPPH) مع استعمال بيتيل هيدروكسي تولىان (BHT) كمعيار. أظهرت النتائج أن المستخلص الميثانولي كان لديه فعالية عالية في تثبيط الجذر الحر ب  $IC_{50}$  مساوية ل  $24.15 \pm 304.82$  ميكروغرام/مل وهي أكبر من فعالية ال BHT أين كانت  $IC_{50}$  الخاصة به مساوية ل  $13.11 \pm 327.46$  ميكروغرام/مل). خلافا لذلك تميز المستخلص المائي بفعالية ضعيفة بقيمة  $IC_{50}$  مساوية ل  $107.77 \pm 2122.81$  ميكروغرام/مل .

**الكلمات المفتاح:** BHT، DPPH، الفلافونويدات، *Ocimum basilicum L.*، عديدات الفينول.

## Liste des abréviations

**$^1\text{O}_2$** : Oxygène singulet.

**BHA**: Butylhydroxyanisole (Butylated hydroxyanisole).

**BHT**: Butylhydroxytoluène (Butylated hydroxytoluene).

**DPPH**: 2, 2'-diphényl-1-picryl hydrazyl.

**EROs**: Espèces réactives dérivées de l'oxygène.

**$\text{H}_2\text{O}_2$** : Peroxyde d'hydrogène.

**HOCl**: Acide hypochloreux.

**$\text{HO}^\bullet$** : Radical hydroxyle.

**$\text{IC}_{50}$** : Concentration permettant d'inhiber 50% du radical DPPH.

**NADPH**: Nicotinamide-Adénine-dinucleotide-Phosphate.

**$\text{O}_2^\bullet$** : Radical superoxyde.

**$\text{OH}^\bullet$** : Radical hydroxyle.

**RL**: Radical libre.

**$\text{ROO}^\bullet$** : Radical peroxyde.

**ROOH**: Hydroperoxyde organique.

**$\text{ROOR}^\bullet$** : Endoperoxyde radicalaire.

**w/v**: poids/volume.

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Les Principales classes de composés phénoliques rencontrés chez les plantes (Marouf et Reynaud, 2008).....	9
<b>Tableau 2.</b> Principales classes des flavonoïdes (Narayana et al., 2001).....	11
<b>Tableau 3.</b> Certaines caractéristiques des extraits d' <i>O. basilicum</i> L.....	28

## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Prise de vue d' <i>O. basilicum</i> L.....	3
<b>Figure 2.</b> Structure de base des flavonoïdes (Dacosta, 2003).....	10
<b>Figure 3.</b> Déséquilibre de la balance entre les antioxydants et les EROs <i>in vivo</i> (Halliwell, 2009).....	15
<b>Figure 4.</b> Structure chimique du radical libre DPPH <sup>*</sup> (Molyneux, 2004).....	23
<b>Figure 5.</b> Droite d'étalonnage de l'acide gallique avec le réactif de Folin-Ciocalteu.....	30
<b>Figure 6.</b> Détermination du taux des polyphénols totaux des extraits d' <i>O. basilicum</i> L..	30
<b>Figure 7.</b> Droite d'étalonnage de la quercétine avec le réactif de l'AlCl <sub>3</sub> .....	31
<b>Figure 8.</b> Détermination du taux des flavonoïdes totaux des extraits d' <i>O. basilicum</i> L...	31
<b>Figure 9.</b> Evaluation de l'activité antioxydante de l'extrait méthanolique d' <i>O. basilicum</i> L. en fonction de la concentration.....	33
<b>Figure 10.</b> Evaluation de l'activité antioxydante de l'extrait aqueux d' <i>O. basilicum</i> L. en fonction de la concentration.....	33
<b>Figure 11.</b> Evaluation de l'activité antioxydante de BHT en fonction de la concentration.....	34
<b>Figure 12.</b> Comparaison des IC <sub>50</sub> de l'extrait méthanolique, de l'extrait aqueux et de BHT.....	34

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Première partie: Etude bibliographique</b>	
<b>I. Généralités sur <i>Ocimum basilicum</i> L.</b> .....	2
1. 1. Description botanique.....	2
1. 2. Position systématique.....	3
1. 3. Habitat et distribution.....	4
1. 4. Chimie de la plante.....	4
1. 5. Propriétés et usages de basilic.....	4
<b>II. Les composés phénoliques</b> .....	7
2. 1. Définition des polyphénols.....	7
2. 2. Biosynthèse des composés phénoliques.....	8
2. 3. Principales classes des composés phénoliques.....	8
2. 3. 1. Les acides phénoliques.....	8
2. 3. 2. Les stilbènes.....	9
2. 3. 3. Les flavonoïdes.....	10
2. 3. 4. Les tanins.....	11
2. 3. 5. Les coumarines.....	12
2. 3. 6. Les lignanes et les lignines.....	12
2. 3. 7. Les xanthones.....	12
2. 4. Rôle des polyphénols.....	13
2. 4. 1. Chez les plantes.....	13
2. 4. 2. Chez l'homme.....	13
<b>III. Le stress oxydant et le pouvoir antioxydant</b> .....	15
3. 1. Le stress oxydant.....	15
3. 1. 1 Définition.....	15
3. 1. 2. Le radicaux libres et leurs sources.....	16
3. 1. 3. Les différents type d'espèces réactives dérivées de l'oxygène.....	16
3. 1. 3. 1. Le radical superoxyde $O_2^{\bullet-}$ .....	16
3. 1. 3. 2. Le peroxyde d'hydrogène $H_2O_2$ .....	16
3. 1. 3. 3. L'acide hypochloreux HOCl.....	17
3. 1. 3. 4. Le radical hydroxyle $HO^{\bullet}$ .....	17
3. 1. 3. 5. Les radicaux peroxydes.....	17
3. 1. 4. Cibles biologiques des EROs.....	18
3. 2. Les systèmes de défense antioxydants.....	18
3. 2. 1. Définition.....	19

3. 2. 2. Classification des antioxydants suivant la nature chimique.....	19
3. 2. 2. 1. Les antioxydants naturels.....	19
3. 2. 2. 2. Les antioxydants synthétiques.....	21
3. 3. Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante.....	22
3. 3. 1. Test de piégeage du radical libre DPPH.....	22
3. 3. 2. Principe de la méthode.....	22

### **Deuxième partie: Etude pratique**

<b>I. Matériel et méthodes</b> .....	24
1. 1. Enquête ethno-pharmacologique.....	24
1. 2. Matériel végétal.....	24
1. 3. Extraction.....	24
1. 4. Etude qualitative (Screening phytochimique).....	24
1. 5. Etude quantitative.....	26
1. 5. 1. Dosage des polyphénols totaux.....	26
1. 5. 2. Dosage des flavonoïdes totaux.....	26
1. 6. Evaluation de l'activité antioxydante par le test au DPPH.....	27
1. 7. Réactifs.....	27
1. 8. Analyses statistiques.....	27
<b>II. Résultats</b> .....	28
2. 1. Enquête ethno-pharmacologique.....	28
2. 2. Extraction.....	28
2. 3. Etude qualitative (Screening phytochimique).....	28
2. 4. Etude quantitative.....	29
2. 4. 1. Dosage des polyphénols totaux.....	29
2. 4. 2. Dosage des flavonoïdes totaux.....	29
2. 5. Evaluation de l'activité antioxydante par le test au DPPH.....	29
<b>III. Discussion</b> .....	35
3. 1. Extraction.....	35
3. 2. Etude qualitative (Screening phytochimique).....	35
3. 3. Etude quantitative.....	35
3. 4. Evaluation de l'activité antioxydante par le test au DPPH.....	36
<b>Conclusion et perspectives</b> .....	38
<b>Références bibliographiques</b> .....	39

**Annexe**

**Glossaire**



**Première partie:**

**Etude bibliographique**

## Introduction

De tous les temps, les plantes ont occupé une place prépondérante dans la vie de l'homme. En effet, depuis des milliers d'années, l'homme a utilisé diverses plantes trouvées dans son environnement afin de traiter et soigner toutes sortes de maladies. Actuellement, l'organisation mondiale de la santé estime qu'environ 80% des habitants de la terre ont recours aux préparations traditionnelles à base de plantes en tant que soins de santé primaire.

L'étude de la chimie des plantes est toujours d'une brûlante actualité malgré son ancienneté. Cela tient principalement au fait que le règne végétal représente une source importante d'une immense variété de molécules bioactives. Cette matière végétale contient un grand nombre de molécules qui ont l'avantage d'être d'une grande diversité de structure chimique et possèdent un très large éventail d'activités biologiques. Parmi ces composés on retrouve les polyphénols qui constituent une famille de molécules largement présente dans le règne végétal et qu'ils sont en effet doués de multiples vertus thérapeutiques. Leur rôle d'antioxydants naturels dans les plantes est dû à leurs propriétés redox qui leur permettent d'agir comme des agents réducteurs (donneurs d'hydrogène), des piègeurs de l'oxygène singulet ( $^1\text{O}_2$ ) ou des chélateurs de métaux. En effet, les polyphénols présentent des avantages dont les médicaments sont dépourvus. Ils interviennent dans la prévention et le traitement des maladies liées au stress oxydatif tel que le cancer, la cataracte, l'athérosclérose, le diabète, les maladies cardiovasculaires...etc. expliquant de ce fait leur grande utilisation dans l'industrie, en alimentation, en cosmétologie et en dermatopharmacie et dans la fabrication des médicaments.

Ce présent travail s'intéresse à l'une des plantes médicinales qui est *Ocimum basilicum* L. (*O. basilicum* L.) dont les objectifs sont:

- La mise en évidence des informations relatives sur l'utilisation thérapeutique de la plante *O. basilicum* L.
- La préparation des extraits méthanolique et aqueux à partir des feuilles de cette plante.
- La détermination de la teneur en polyphénols et en flavonoïdes totaux des extraits méthanolique et aqueux d'*O. basilicum* L.
- L'évaluation de l'activité antioxydante des extraits de cette plante par le test de DPPH par l'évaluation du pouvoir piègeur des extraits vis-à-vis d'un radical libre relativement stable (DPPH).

## I. Généralités sur *Ocimum basilicum* L.

Le basilic est l'une des espèces utilisées pour l'assaisonnement commercial. Il est communément connu que la présence d'huiles essentielles et leur composition déterminent l'arôme spécifique de la plante et de la saveur des condiments (Özcan et Chalchat, 2002).

Le genre *Ocimum* comprend entre 50 et 150 espèces de plantes et d'arbustes (Arovic-stanko et al., 2010; Agarwal et al., 2013) réparties dans les régions tropicales et subtropicales du monde (Al-Mashri et al., 2013).

Le basilic (*Ocimum basilicum* L.) est un membre du genre *Ocimum*, cultivé depuis des milliers d'années (Razavi et al., 2009). C'est l'espèce la plus exploitée en raison de son importance économique (Al-Mashri et al., 2013). Il a été acclamé pour sa diversité comme une source d'huiles essentielles, sa réalisation de style et délicatesse comme épice, et sa beauté et son parfum comme plante ornementale. Il est largement utilisé en pharmacie, en parfumerie et en nourritures industrielles pour son arôme naturel (Arovic-stanko et al., 2010).

En Algérie, deux espèces ont été rencontrées, l'une à petites feuilles, annuelle, généralement cultivée en pots pour décorer les balcons et les coins d'appartements qu'elle parfume agréablement. L'autre espèce est connue sous le nom de H'baq sebàa snin (basilic des sept ans) peut être à cause de sa longévité, car elle pourrait vivre plusieurs années dans la même place. Cette espèce est distinguée par ses feuilles vert-foncées plus grandes, ressemblant à s'y méprendre à la menthe, mais son parfum très aromatique rappelle celui de la lavande. Ses fleurs blanches sont regroupées en somites (Kaddem, 1990).

### 1. 1. Description botanique

*O. basilicum* L., Basilic en français, Basil en anglais et Rehan (Reyhan) ou H'baq en arabe (Kaddem, 1990; Adiguzel et al., 2005) est un genre de plantes médicinales et aromatiques (Jacqueline, 2001; Lee et al., 2005), il est une herbe incroyable appartenant à la famille des Lamiacées (Javanmardi et al., 2002; Ismail, 2006). Le basilic est une sous-arbuste, herbacée annuelle pousse 8 à 20 pouces (20 à 50 cm) de haut, dressées et parfois touffue. Il a une sensation de duvet de la base vers le haut (Dinanath et al., 2001; Jacqueline, 2001). Les feuilles sont ovales ou oblongues, vert vif très légèrement dentées, brillantes, avec des marques veineuses profondes (Jacqueline, 2001; Mala, 2012). Elles ont une odeur agréable et très caractéristique (Dinanath et al., 2001; Özcan et Chalchat, 2002). Elles sont pétiolées à des tiges anguleuses, dressées, ramifiées, ont une section carrée (Dinanath et al., 2001; Jacqueline, 2001) (**Fig. 1**).

Les fleurs sont blanches rosées ou violacé, petites et labiées (comme les lèvres) sont six fleurs pédiculées, presque sessiles, axillaire et faux verticilles (Jacqueline, 2001; Mala, 2012). Le calice (verticille externe généralement verte) est bilabié et la corolle est de quatre lobes. La lèvre inférieure est simple avec quatre étamines portant sur lui (Dinanath et al., 2001). Les graines sont brunes foncées à noir, ellipsoïde et mucilagineuses (Mala, 2012).



**Figure 1.** Prise de vue d'*O. basilicum* L. (M'sila. 2014).

## 1. 2. Position systématique

La taxonomie de cette plante est configurée d'après **Quezel et Santa en 1963**. Donc *O. basilicum* L. appartient au:

- ◆ **Règne:** Végétal.
- ◆ **Embranchement:** Phanérogames.
- ◆ **Sous-embranchement:** Angiospermes.
- ◆ **Classe:** Eudicotylédones.
- ◆ **Sous classe:** Gamopétales.
- ◆ **Ordre:** Lamiales.
- ◆ **Famille:** Lamiaceae ou Labiatae.
- ◆ **Genre:** *Ocimum*.
- ◆ **Espèce:** *O. basilicum* L.

### **1. 3. Habitat et distribution**

Le genre *Ocimum* a une distribution large dans les régions tropicales et tempérées chaudes (Adeola et al., 2012; Mala, 2012) avec près de deux-tiers des 150 espèces rapportées d'Afrique de l'Ouest et le tiers restant de l'Asie et de l'Amérique (Mala, 2012).

Le basilic est originaire d'Asie précisément l'Inde (Jacqueline, 2001), il est communément appelé «basilic indien» (Mala, 2012). Il pousse dans plusieurs régions dans le monde (Jacqueline, 2001; Özcan et Chalchat, 2002; Ismail, 2006; Razavi et al., 2009), il se trouve dans les régions tropicales d'Asie, d'Afrique et d'Amérique du Sud (Javanmardi et al., 2002; Razavi et al., 2009). *O. basilicum* L. est largement cultivé comme plante ornementale ou un champ de semences dans les pays méditerranéens comme l'Algérie (Kaddem, 1990).

### **1. 4. Chimie de la plante**

Le basilic est l'une des plantes endémiques, il est produit et utilisé comme une usine pharmaceutique en grande quantité, il est largement utilisé comme une herbe culinaire et il est bien connu comme source de principes aromatiques (Razavi et al., 2009).

De nombreuses études chimiques ont révélé que la partie aérienne d'*O. basilicum* L. est riche en métabolites secondaires (Javanmardi et al., 2002) et contient une large gamme d'huiles essentielles (Özcan et Chalchat, 2002; Ismail, 2006; Al-Mashri et al., 2013) dont les principaux sont l'ocimène, linanol, l'estragol (Kaddem, 1990), les terpènes (Ismail, 2006) et l'acide rosmarinique (Javanmardi et al., 2002). Le basilic est riche en polyphénols comme les flavonoïdes, les anthocyanines (Phippen et Simon 1998; Sakr et Al-Amoudi, 2012) et les acides phénoliques (Javanmardi et al., 2002; Adeola et al., 2012).

Le basilic contient une variété de nutriments importants. Il est très riche en vitamines et minéraux, notamment la vitamine A, la vitamine C, le calcium et le phosphore (Agarwal et al., 2013). Il est également une source de fer, de potassium et de magnésium (Dinanath et al., 2001). Il contient aussi de fortes concentrations de caroténoïdes tels que le bêta-carotène (Dinanath et al., 2001).

### **1. 5. Propriétés et usages de basilic**

Le basilic est une plante médicinale polyvalente utilisée à la fois comme une herbe culinaire et décorative (Javanmardi et al., 2002; Agarwal et al., 2013). Il est utilisé dans plusieurs domaines: cuisine, médecine, horticulture, etc. Il est utilisé dans la médecine traditionnelle par les populations pauvres des zones rurales au Pakistan et en Inde (Al-Mashri et al., 2013). Dans ce dernier, le basilic est considéré comme sacré et est chéri dans presque chaque maison hindoue (Agarwal et al., 2013). Il est utilisé aussi en médecine traditionnelle iranienne, comme une herbe culinaire, prescrit pour traiter les fièvres, les congestions de la gorge et les maux d'estomac

(Javanmardi et al., 2002). Le basilic est utilisé comme un remède folklorique dans la médecine traditionnelle égyptienne (Ismail, 2006).

Le basilic est un monde de culture importante en particulier dans la sous-région d'Afrique subsaharienne pour la sécurité alimentaire, médicinale et l'usage traditionnel. Cultivé dans certaines parties de la Turquie, il est fréquemment utilisé dans les soupes, les desserts, les pizzas, les sauces de spaghetti, les œufs, les plats de fromage, les jus de tomate, les pansements, les salades, les produits à base de viande, etc. et comme un agent aromatisant (Özcan et Chalchat, 2002).

Un des plus populaires des épices est le basilic qui est utilisé pour savourer de nombreux types d'aliments (Özcan et Chalchat, 2002). Les feuilles aromatiques de basilic sont utilisées sous forme fraîche et sèche comme des épices et des arômes dans une grande variété d'aliments (Javanmardi et al., 2002; Ojo et al., 2012) et pour animer de nombreux plats culinaires (Agarwal et al., 2013).

Il est utilisé comme médicament traditionnel pour traiter différentes maladies telles que les maladies de la peau, du cœur, du cerveau, de la rate, l'asthme, les inflammations, les infections des voies respiratoires supérieures, le dysfonctionnement des reins et les maladies du sang. Le basilic est bon dans le cas de la diarrhée, la constipation, les maux de tête, la pneumonie, la toux, la fièvre et la conjonctivite (Lee et al., 2005; Adeola et al., 2012; Mala, 2012). Il est bon pour le traitement des nausées et la dysenterie (Özcan et Chalchat, 2002). Du fait de son action sédative légère, le basilic est préconisé pour soigner l'irritabilité, la dépression, l'anxiété et les troubles du sommeil. Il est prescrit également contre la migraine et la coqueluche (Jacqueline, 2001). *O. basilicum* L. est également utilisé comme un remède populaire pour traiter les maladies fébriles, la mauvaise digestion, les crampes abdominales et les vertiges (Kaddem, 1990; Adiguzel et al., 2005). Il a également été recommandé pour le traitement de la constipation, la diarrhée et d'éliminer les toxines (Kaurinovic et al., 2011; Unnithan et al., 2013).

Les parties les plus utilisées d'*O. basilicum* L. sont les feuilles et les graines (Jacqueline, 2001; Arabaci et Bayram, 2004). Les feuilles et les parties florales d'*O. basilicum* L. sont traditionnellement utilisées comme antispasmodique, aromatique, carminative, digestive, stomachique et tonique (Özcan et Chalchat, 2002; Adiguzel et al., 2005). Il est possible d'inhaler les vapeurs de l'infusion de feuilles d'*O. basilicum* L. ou de prendre un bain afin d'améliorer la fonction respiratoire (Özcan et Chalchat, 2002). Sous forme de pommade ou de jus des feuilles, il soulage les morsures de serpents, les piqûres d'insectes et les infections de la peau (Jacqueline, 2001; Özcan et Chalchat, 2002; Adiguzel et al., 2005). De plus, l'infusion de graines est donnée dans la gonorrhée, la diarrhée et la dysenterie chronique (Mala, 2012).

L'importance de basilic est due à la présence des huiles essentielles responsables d'une saveur caractéristique (Al-Mashri et al., 2013). Les huiles volatiles de basilic sont utilisées dans l'industrie de la parfumerie et des arômes (Mala, 2012), dans les produits bucco-dentaires et les produits cosmétiques pour son odeur (Javanmardi et al., 2002; Mala, 2012; Ojo et al., 2012;). Extérieurement, l'huile essentielle d'*O. basilicum* L. est appliquée directement sur la peau pour le traitement de l'acné et le soulagement des démangeaisons (Agarwal et al., 2013). En effet, son huile a été jugée bénéfique pour la réduction de la fatigue mentale, les rhumes, les spasmes et la rhinite (Özcan et Chalchat, 2002), mais il est recommandé de ne pas prendre son huile en usage interne (Jacqueline, 2001).

Dans le cadre de la lutte biologique, les extraits de basilic sont également utilisés comme insecticide (Agarwal et al., 2013; Mala, 2012; Ojo et al., 2012; Al-Mashri et al., 2013). En effet, les tests d'Akono et ses collaborateurs en 2012, montrent que l'huile essentielle d'*O. basilicum* L. a une activité insecticide plus efficace vis-à-vis des femelles adultes d'*Anopheles funestus* ss. Le basilic est utilisé aussi comme insectifuge (Özcan et Chalchat, 2002), nématicide (Al-Mashri et al., 2013) et fongicide (Özcan et Chalchat, 2002; Al-Mashri et al., 2013). L'huile essentielle est un véritable répulsif des insectes (Jacqueline, 2001), elle chasse les mouches et éloigne les moustiques (Kaddem, 1990; Jacqueline, 2001) et tue les larves des insectes domestiques (Arabaci et Bayram, 2004; Agarwal et al., 2013). Le basilic est utilisé aussi pour éliminer les vers (Jacqueline, 2001).

Le basilic possède des propriétés médicinales extraordinaires comme anticancéreux, antiviral (Javanmardi et al., 2002), antibiotique, antiseptique (Kaddem, 1990; Unnithan et al., 2013), antibactérien (Mala, 2012; Al-Mashri et al., 2013), antioxydant (Javanmardi et al., 2002; Lee et al., 2005; Razavi et al., 2009; Kaurinovic et al., 2011), anti-stressant, sudorifique, stimulant, carminatif, anti-veillissant (Javanmardi et al., 2002), anti-pyrétique, stomachique, diurétique (Mala, 2012; Unnithan et al., 2013), anti-inflammatoire (Javanmardi et al., 2002), tonique, antispasmodique (Kaddem, 1990), vasodilatateur et hypotenseur (Javanmardi et al., 2002), anticonvulsivant et hypnotique (Ismail, 2006). Il est également connu pour ses propriétés purifiantes et désinfectante (Agarwal et al., 2013).

## II. Les composés phénoliques

Dans le monde végétal, les molécules naturellement synthétisées peuvent être classées en deux grandes catégories. Premièrement, il y a les composés qui sont produits dans toutes les cellules et qui jouent un rôle central dans le métabolisme et la reproduction de ces cellules. Ces molécules sont classées en quatre grandes catégories: les glucides, les lipides, les acides aminés et les acides nucléiques. Elles sont connues sous le nom de métabolites primaires. Deuxièmement, il y a les molécules qui peuvent être parfois caractéristiques de certaines familles et/ou espèces végétales et qui ne sont pas indispensables à la survie de la plante. Ces molécules correspondent aux métabolites secondaires (Guignard, 2006). Ce sont des molécules organiques complexes synthétisées et accumulées en petites quantités par les plantes autotrophes. Les produits du métabolisme secondaire sont en très grand nombre, plus de 200000 structures définies (Hartmann, 2007) et sont d'une variété structurale extraordinaire. Les composés phénoliques, les terpénoïdes, les stéroïdes et les alcaloïdes sont des exemples de métabolites secondaires mais les composés phénoliques constituent la catégorie la plus importante et la plus étudiées actuellement (Guignard, 2006; Marouf et Reynaud, 2008; N'Guessan et al., 2011). Chacune de ces classes renferme une très grande diversité de composés qui possèdent une très large gamme d'activité biologique (Li et al., 2007).

### 2. 1. Définition des polyphénols

Les composés phénoliques ou les polyphénols forment un très vaste ensemble de substances près de 8000 composés (Stalikas, 2007). Ce sont des métabolites secondaires des végétaux (Kühnau, 1976; Bahorun, 1997); indirectement essentielles à la vie des plantes (Urquiaga et Leighton, 2000). Ils se trouvent dans les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits (Boizot et Charpentier, 2006) où ils sont présents dans les vacuoles des tissus (Kühnau, 1976). Leur répartition tant qualitative que quantitative dans la plante varie selon les espèces, les organes, les tissus ou encore les différents stades de développement (Kühnau, 1976).

La structure chimique des composés phénoliques naturels varie depuis les molécules simples (acides phénoliques simples) vers les molécules les plus hautement polymérisées (tanins condensés) (Martin et Andriantsitohaina, 2002; Macheix et al., 2005). Ces composés ont tous en commun la présence d'au moins un noyau aromatique (six atomes de carbone liés en un hexagone) possédant un ou plusieurs groupes hydroxyles, substitués ou non (Kühnau, 1976; Bruneton, 1999). Ils peuvent se combiner avec des protéines en formant des complexes (Bouhadjera, 2004).

## 2. 2. Biosynthèse des composés phénoliques

D'un point de vue biosynthétique, les composés phénoliques peuvent être engendrés par deux voies métaboliques: la voie du shikimate, la plus courante, qui conduit entre autre à la formation des acides phénoliques, des flavonoïdes et des lignanes et la voie des polyacétates qui est à l'origine de composés polycycliques tels que les coumarines, les xanthones et les quinones (Bruneton, 1999). De plus, la diversité structurale des composés polyphénoliques due à cette double origine biosynthétique, est encore accrue par la possibilité d'une participation simultanée des deux voies dans l'élaboration de composés d'origine mixte, les flavonoïdes (Martin et Andriantsitohaina, 2002).

## 2. 3. Principales classes des composés phénoliques

Les polyphénols constituent un groupe de substances ubiquistes et variées, allant de molécules simples jusqu'à des structures très complexes (Marouf et Reynaud, 2008). Selon le nombre d'unités phénoliques présentes, on les classe en composés phénoliques simples et polyphénols (Stalikas, 2007). Ils diffèrent par la complexité du squelette de base (allant d'un simple composé, C<sub>6</sub>, à des formes très polymérisées) (**Tab. 1**), par le degré de modification de ce squelette (degré d'oxydation, d'hydroxylation et de méthylation, etc.) et par les liaisons possibles de ces molécules de base à d'autres molécules (glucides, lipides, protéines, etc.) (Herbert, 1989; Macheix et al., 2005).

Les principales classes des composés phénoliques sont: les acides phénoliques, les stilbènes, les flavonoïdes, les tanins hydrolysables et condensés, les coumarines, les lignanes, les lignines et les xanthones (King et Young, 1999; Tapiero et al., 2002; Stalikas, 2007).

### 2. 3. 1. Les acides phénoliques

Les acides phénoliques font partie des formes les plus simples des composés phénoliques, ils sont universellement rencontrés chez les plantes, ils présentent des propriétés biologiques intéressantes: anti-inflammatoires, antiseptiques, antiradicalaires...etc. (Bruneton, 1999) et se séparent en deux grands groupes distincts que sont les acides hydroxybenzoïques et les acides hydroxycinnamiques (Barboni, 2006).

- **Les acides hydroxybenzoïques:** sont des dérivés de l'acide benzoïque et ont une structure générale de base de type (C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>) (Guignard, 1974), leur diversité structurale est due aux hydroxylation et/ou méthylation du noyau aromatique en diverses positions (2, 3 et 4) (Tomas et Clifford, 2000).

**Tableau 1.** Les Principales classes de composés phénoliques rencontrés chez les plantes (Marouf et Reynaud, 2008).

Nombre d'atomes de carbone	Structure	Classe	Exemple
6	C <sub>6</sub>	Phénols simples	Arbutine, catéchol.
7	C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub>	Acides phénoliques	Acide gallique, acide salicylique.
9	C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub>	Acides hydroxycinnamiques	Acide caféique, acide coumarique.
		Coumarines	Ombelliférone, khelline.
10	C <sub>6</sub> -C <sub>4</sub>	Naphtoquinones	Juglone, lawsone, plombagone.
13	C <sub>6</sub> -C <sub>1</sub> -C <sub>6</sub>	Xanthones	Mangiférique
14	C <sub>6</sub> -C <sub>2</sub> -C <sub>6</sub>	Stilbènes, Anthraquinones	Acide lunularique, emodine, hypéricine, rhéine
15	C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub>	Flavonoïdes, Isoflavonoïdes	Quercétine Génistéine
18	(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Lignanes	Podophylloxine
30	(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub> ) <sub>2</sub>	Biflavonoïdes	Amentoflavone
N	(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> ) <sub>n</sub>	Lignines	-
	(C <sub>6</sub> -C <sub>3</sub> -C <sub>6</sub> ) <sub>n</sub>	Tanins condensés	-

Les acides hydroxybenzoïques sont les plus fréquemment présents dans les fruits et les légumes sous forme conjuguée (esters ou glycosides) (Macheix et al., 2005). Les plus abondants sont l'acide benzoïque et l'acide gallique (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

- ✓ **Les acides hydroxycinnamiques:** représentent une classe très importante dont la structure de base (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>) dérive de celle de l'acide cinnamique grâce à des substitutions au niveau du cycle aromatique (Guignard, 1974). Leur diversité est également due à la variabilité des hydroxylations du noyau aromatique (Clifford, 2000). Les acides hydroxycinnamiques sont rarement présents sous forme libre et sont retrouvés essentiellement sous formes conjuguées (D'Archivio et al., 2007). Les principaux acides hydroxycinnamiques sont l'acide cinnamique, l'acide caféique et l'acide coumarique (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

### 2. 3. 2. Les stilbènes

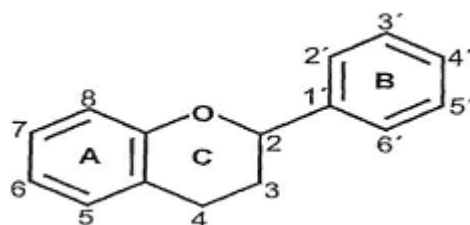
Ce sont des composés phénoliques issus du métabolisme secondaire végétal. Les stilbènes (1,2-diphényléthylène) sont composés de deux noyaux phényles reliés entre eux par un

double pont éthène et peuvent exister sous deux formes: la forme Trans et la forme Cis, la forme trans-stilbène étant la forme la plus stable et bioactive (Parage, 2013).

### 2. 3. 3. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes représentent une classe de métabolites secondaires largement répandus dans le règne végétal. Ce sont des pigments (incolores ou colorés) quasiment universels des végétaux (Marouf et Reynaud, 2008) qui sont en partie responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. Les flavonoïdes sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs: tiges, feuilles, fruits, graines, bois, pollens ou encore les racines des plantes (Verhoeven et al., 2002; Fiorucci, 2006). Ils se trouvent dissous dans la vacuole des cellules à l'état d'hétérosides ou comme constituants de plastes (Guignard, 1996). Les familles les plus riches en flavonoïdes sont: *Fabacées*, *Myrtacées* et *Polygonacées* (Ghestem et al., 2001).

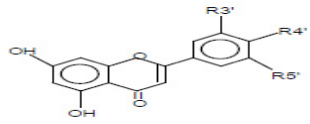
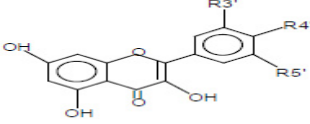
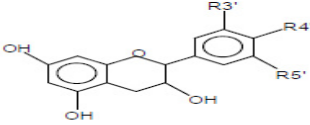
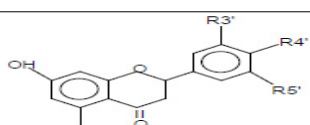
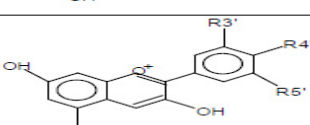
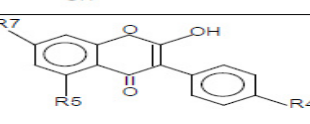
Tous les flavonoïdes (plus de 4000 structures décrites) dont la liste s'allonge (Medić-Šarić et al., 2004; Marouf et Reynaud, 2008) ont la même structure chimique de base; ils possèdent un squelette carboné de quinze atomes de carbones constitué de deux cycles aromatiques en C<sub>6</sub> (A) et (B) qui sont reliés entre eux par une chaîne en C<sub>3</sub> en formant ainsi l'hétérocycle (C) (Bruneton, 1999; Wollgast et Anklam, 2000). Des groupements hydroxyles, oxygènes, méthyles, ou des sucres peuvent être attachés sur les noyaux de cette molécule (Narayana et al., 2001) (**Fig. 2**).



**Figure 2.** Structure de base des flavonoïdes (Dacosta, 2003).

De Rijke et ses collaborateurs (2006) ont classé les flavonoïdes, selon leurs structures chimiques, en 6 familles qui impliquent les flavonols, les flavones, les flavanes, les isoflavones, les anthocyanines et les flavanols (**Tab. 2**). Au sein de ces six familles, deux types de structures ont été relevés, celui des flavonoïdes au sens strict dont la structure porte le noyau aromatique B en position 2 sur la chaîne C<sub>3</sub> et celui des isoflavonoïdes dont le noyau aromatique B est en position 3 sur la chaîne C<sub>3</sub>.

**Tableau 2.** Principales classes des flavonoïdes (Narayana et al., 2001).

Classes	Structures chimiques	R3'	R4'	R5'	Exemples
Flavones		H	OH	H	Apigénine
		OH	OH	H	Lutéoline
		OH	OCH3	H	Diosmétine
Flavonols		H	OH	H	Kaempférol
		OH	OH	H	Quercétine
		OH	OH	OH	Myrecétine
Flavanols		OH	OH	H	Catéchine
Flavanones		H	OH	H	Naringénine
		OH	OH	H	Eriodictyol
Anthocyanidines		H	OH	H	Pelargonidine
		OH	OH	H	Cyanidine
		OH	OH	OH	Delphénidine
Isoflavones		R5	R7	R4'	
		OH	OH	OH	Genisteine
		H	O-Glu	OH	Daidezine

#### 2. 3. 4. Les tanins

Ils forment une famille complexe de principes actifs qui se trouvent dans l'ensemble des végétaux et dans toutes leurs parties (écorces, racines, feuilles, etc.). Les tanins se rencontrent dans les feuilles, les tissus vasculaires, l'enveloppe des graines, le liège, les fruits non mûrs les galles, etc. (Paolini et al., 2003; Marouf et Reynaud, 2008). Ils sont largement distribués chez les plantes supérieures dans les vacuoles, le cytoplasme et parfois dans les parois cellulaires (Marouf et Reynaud, 2008). Ils confèrent une protection des plantes contre les prédateurs (herbivores et insectes) (Paolini et al., 2003). Ils ont la capacité de former des complexes avec des macromolécules (les protéines, etc.) et des liaisons entre les fibres de collagènes, d'où leur viennent la plupart de leurs propriétés (Paolini et al., 2003) et ils ont la propriété de précipiter les solutions d'albumine et de rendre la peau imputrescible en se fixant sur les protéines (Marouf et Reynaud, 2008).

Les tanins sont des molécules assez volumineuses avec un poids moléculaire généralement compris entre 500 et 3000 Da (Khababae et Van Ree, 2001; Marouf et Reynaud, 2008). Leur structure chimique est particulièrement variable, mais comporte toujours une partie

polyphénolique; il existe deux catégories de tanins, d'origine biosynthétiques différentes: les tanins hydrolysables qui sont des esters des acides phénols et de glucose et les tanins condensés formés de proanthocyanidines (sous forme d'oligomères) (Paolini et al., 2003).

✓ **Les tanins condensés (flavan-3-ols)**

Ils sont appelés aussi proanthocyanidine, sont largement répandus dans l'alimentation humaine. Ce sont des oligomères ou polymères de flavan-3-ols qui ont la propriété de libérer des anthocyanes en milieu acide à chaud par rupture de la liaison inter monomérique (Guigniard, 1996).

✓ **Les tanins hydrolysables**

Ce sont des esters de glucides ou d'acide phénol, ou de dérivés d'acides phénols (Bruneton, 1999). La molécule glucidique est en général du glucose, mais dans certains cas des polysaccharides. Ce groupe de tanins est caractéristique des dicotylédones. Ces tanins en raison de leurs nombreux groupements OH se dissolvent plus ou moins (en fonction de leur poids moléculaire) dans l'eau, en formant des solutions colloïdales (Guigniard, 1996).

Les tanins présentent l'inconvénient de se lier aux protéines, aux hydrates de carbone et aux éléments minéraux du grain, réduisant ainsi leur valeur nutritionnelle. Ils peuvent également inhiber les enzymes digestives comme l' $\alpha$ -amylase ou la trypsine (Ba et al., 2013).

### **2. 3. 5. Les coumarines**

Les coumarines sont parmi les composés phénoliques les plus connus. Elles sont substituées en C<sub>7</sub> par un hydroxyle. La 7-hydroxycoumarine, connue sous le nom d'ombelliférone, est le précurseur des coumarines 6, 7-di- et 6, 7, 8-trihydroxylées (Bruneton, 1999).

### **2. 3. 6. Les lignanes et les lignines**

Les lignanes représentent souvent une partie importante de la masse des composés organiques des plantes. Ils répondent à une représentation structurale de type (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; l'unité C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub> est considérée comme un propylbenzène (Marouf et Reynaud, 2008).

Les lignines constituent une classe importante de produits naturels dans le règne végétal et sont formés par polymérisation oxydative de monolignols (monomères) qui sont les alcools p-coumarique, coniférique et sinapique (Marouf et Reynaud, 2008).

### **2. 3. 7. Les xanthones**

Ils constituent une famille de composés polyphénoliques généralement isolés dans les plantes supérieures et dans les microorganismes répondant à une structure de base C<sub>6</sub>-C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub> (Marouf et Reynaud, 2008).

## **2. 4. Rôle des polyphénols**

### **2. 4. 1. Chez les plantes**

Comme la majorité des métabolites secondaires, les polyphénols sont produits par les plantes afin d'accomplir des fonctions précises. Ce sont des molécules qui donnent des arômes et parfums aux plantes (Drayne, 1999; Schiestl et al., 2000; Sasaki et Takahashi, 2002). Les polyphénols sont responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles (Rajnerayanama et al., 2001). Ainsi par les couleurs qu'ils confèrent aux pétales des fleurs, ils interviennent dans l'attraction des pollinisateurs (Marouf et Reynaud, 2008).

Dans les plantes, les flavonoïdes jouent un rôle de protection contre les rayons ultraviolets et de défense contre les pathogènes des plantes (phytoalexines) (Rajnerayanama et al., 2001; Marouf et Reynaud, 2008). Ils jouent un rôle important dans les mécanismes de défense de la plante vis-à-vis des champignons et des prédateurs, comme les insectes et les oiseaux (Stalikas, 2007; Ba et al., 2013). Ils interviennent dans la fertilité des plantes et la germination du pollen (Stalikas, 2007).

Les composés phénoliques participent activement aux interactions de la plante avec son environnement en jouant soit le rôle des signaux de reconnaissance entre les plantes (Allélopathie), entre les plantes et les symbioses, ou bien lui permettant de résister aux diverses agressions vis-à-vis des organismes pathogènes. Ils participent de manière très efficace à la tolérance des végétaux à des stress variés, donc ces composés jouent un rôle essentiel dans l'équilibre et l'adaptation de la plante au sein de son milieu naturel (Macheix et al., 2005). Ils participent aux réactions de défense face à différents stress biotiques ou abiotiques (pathogènes, rayonnements UV...) et contribuent à la qualité organoleptique des aliments issus des végétaux (couleur, astringence, arôme, amertume) (Kühnau, 1976). Ils sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogénèse, la germination des graines et la maturation des fruits (Boizot et Charpentier, 2006).

### **2. 4. 2. Chez l'homme**

Les composants phénoliques sont des molécules biologiquement actives, ils ont diverses propriétés pharmacologiques (anti-radicaux libres notamment) (King et Young, 1999; Marouf et Reynaud, 2008). Ils diminuent la perméabilité des capillaires sanguins et renforcent leur résistance (Bruneton, 1999). Ce sont des réducteurs des manifestations de la ménopause (bouffée de chaleur) (Kansole, 2009). Les anthocyanes inhibent les enzymes protéolytiques de dégradation du collagène (élastase, collagénase), ce qui explique leurs propriétés vasoprotectrice et anti-œdémateuse (Bruneton, 1999). De même, les tanins ont la propriété de précipiter les

protéines et les métaux lourds. Ils favorisent la régénération des tissus et la régulation de la circulation veineuse et tonifient la peau dans le cas des rides (Kansole, 2009).

Les coumarines présentes dans de nombreuses espèces végétales possèdent des propriétés très diverses. Elles sont capables de prévenir la peroxydation des lipides membranaires et de capter les radicaux hydroxyles, superoxydes et peroxydes (Igor, 2002). Elles sont connues par leurs activités cytotoxique, antivirale, immunostimulante, tranquillisante, vasodilatatrice, anticoagulante et hypotensive (Gonzalez et Estevez-Braun, 1997).

Plusieurs activités biologiques ont été attribuées aux polyphénols à savoir l'activité anticancérogène (Ko et al., 2000; Hirata et al., 2009), antiulcéreuse (Martin et al., 2002), anti-inflammatoire (Küpeli et al., 2003; Kalkhambkar et al., 2007), analgésique (Küpeli et Yesilada, 2007), antivirale, anti-athérogénique, antithrombotique et anti-allergénique (Wollgast et Anklam, 2000).

Les composés phénoliques sont aussi des antiparasitaires; ils manifestent des activités contre le genre *Leishmania* (Iranshahi et al., 2007), le genre *Trypanosoma* et le genre *plasmodium (falciparum)* (Sauvain et al., 1996; Kubata et al., 2005; Silva et al., 2008).

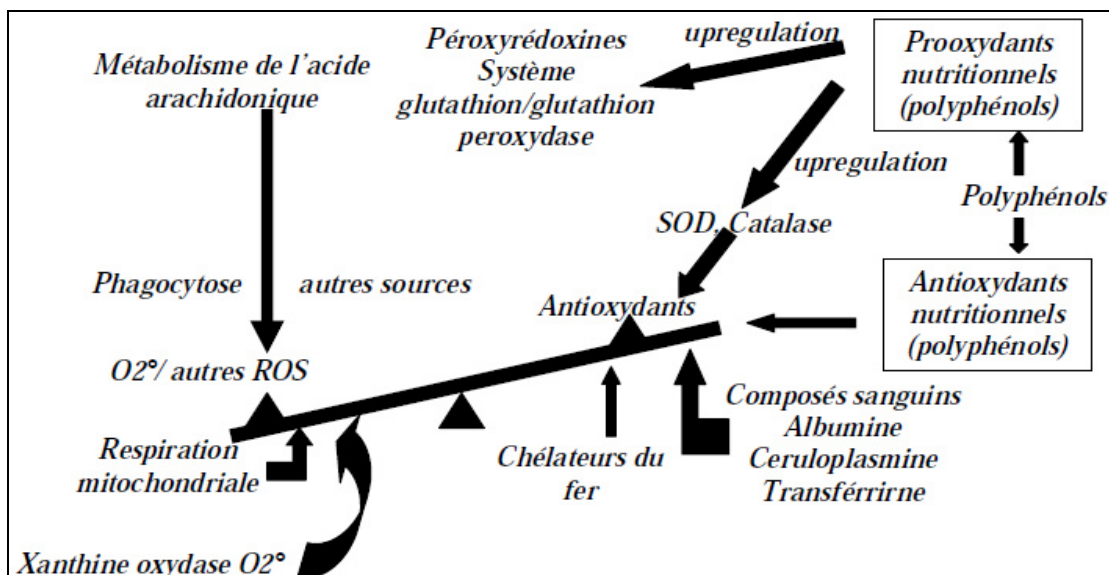
### III. Le stress oxydant et le pouvoir antioxydant

#### 3. 1. Le stress oxydant

Depuis quelques années, le monde des sciences biologiques et médicales est envahi par un nouveau concept, celui du «Stress oxydant», que les chercheurs impliquent dans la plupart des maladies humaines.

##### 3. 1. 1. Définition

L'oxygène est indispensable à la vie des organismes aérobies qui en utilisent la majeure partie comme substrat de la chaîne respiratoire pour la production d'ATP. Ce métabolisme induit la production d'espèces réactives dérivées de l'oxygène (EROs) et de l'azote (ERAs) en équilibre avec les systèmes antioxydants. Le stress oxydant peut être défini comme étant «un déséquilibre entre la production et l'élimination des métabolites réactifs de l'oxygène et du nitrogène en faveur de leur production conduisant à des dommages potentiels et à des dégâts cellulaires irréversibles» (Durackova et al., 2008) (**Fig. 3**). Il joue un rôle central dans de nombreuses pathologies tant aiguës que chroniques (Gutteridge, 1993), telles que l'athérosclérose (Uno et Nicholls, 2010), le diabète de type 2 (Pitocco et al., 2010), le syndrome de détresse respiratoire aigu, l'œdème pulmonaire, le vieillissement accéléré, la maladie d'Alzheimer (Favier, 2006), les pathologies neurodégénératives (Darvesh et Carroll, 2010) et les maladies inflammatoires chroniques intestinales (Roessner et al., 2008). Il a également été montré que le stress oxydant jouait un rôle central dans l'initiation, la progression et la malignité de nombreux cancers (Grek et Tew, 2010).



**Figure 3.** Déséquilibre de la balance entre les antioxydants et les EROs *in vivo* (Halliwell, 2009).

### **3. 1. 2. Les radicaux libres**

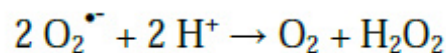
Un radical libre (RL) est une espèce chimique indépendante possédant un électron célibataire sur sa couche périphérique (Kehrer, 1993). En toxicologie, les RL sont ceux qui existent dans un état libre et capables d'interagir avec différents composés de tissus (Kehrer, 1993). Ils sont produits par un grand nombre de mécanismes tant endogènes (NADPH oxydase, xanthine oxydase, cyclooxygénase, lipooxygénase, peroxyosomes...etc.), qu'exogènes (radiations ionisantes, champs électriques, tabagisme...etc.) (Halliwell, 2006).

### **3. 1. 3. Les différents types d'espèces réactives dérivées de l'oxygène**

Il existe plusieurs types d'EROs.

#### **3. 1. 3. 1. Le radical superoxyde ( $O_2^{\bullet-}$ )**

L'anion superoxyde est une ERO primaire, formée par l'acquisition d'un électron par l'oxygène moléculaire. Radical ayant la réactivité la plus faible parmi les radicaux libres du stress oxydant, il est généré à partir de différentes sources dans les conditions physiologiques et physiopathologiques (Gardès-Albert et Joreau, 2005). Il ne traverse pas rapidement la membrane plasmique et se dismute spontanément au pH physiologique en produisant du peroxyde d'hydrogène:



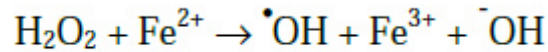
Bien que le radical superoxyde ne soit pas considéré comme particulièrement réactif, son principal danger vient de sa réaction de neutralisation productrice de peroxyde d'hydrogène ou d'acide hypochloreux nettement plus puissants (Lenoir, 2011).

L'anion superoxyde est produit de manière physiologique dans la chaîne respiratoire de la mitochondrie consommatrice d'oxygène et productrice d'énergie pour la cellule. La mitochondrie est ainsi la source principale d'anion superoxyde dans les cellules en condition physiologique (Lenoir, 2011). Les peroxyosomes ainsi que le cytochrome p450 constituent également des sources endogènes d' $O_2^{\bullet-}$ . Il existe également des sources exogènes d'anion superoxyde comme la fumée de cigarette ou les radiations ionisantes particulièrement impliquées dans les pathologies pulmonaires (Ames et al., 1993).

#### **3. 1. 3. 2. Le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ )**

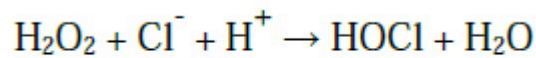
Bien qu'elle ne puisse être considérée comme un radical au sens propre, cette molécule dérivée de l'oxygène joue un rôle central dans le phénomène du stress oxydant. Tout système produisant le radical superoxyde générera par voie de conséquence du peroxyde d'hydrogène. Il est généralement considéré comme une ERO relativement faible mais hautement réactive, en

particulier dans sa capacité à réagir avec les ions partiellement réduits  $\text{Fe}^{2+}$  et  $\text{Cu}^+$  formant le radical hydroxyl dans la réaction de Fenton (Lenoir, 2011).



### 3. 1. 3. 3. L'acide hypochloreux (HOCl)

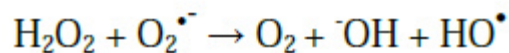
Comme le peroxyde d'hydrogène, l'acide hypochloreux ne rentre pas dans la définition stricte du radical. Cependant, au cours de l'inflammation, la métabolisation du peroxyde d'hydrogène en acide hypochloreux par la myéloperoxydase est élevée et l'acide hypochloreux est un agent chlorant et oxydant fort (Lenoir, 2011).



L'acide hypochloreux est considéré comme 100 à 1000 fois plus toxique que le radical superoxyde ou le peroxyde d'hydrogène et a des cibles bien marquées: inactivation enzymatique, oxydation des groupements thiols de la membrane plasmique, diminution des propriétés d'adhésion de certains composés de la matrice extracellulaire (Lenoir, 2011).

### 3. 1. 3. 4. Le radical hydroxyle (HO•)

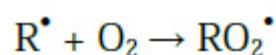
Le radical hydroxyle est formé à partir du peroxyde d'hydrogène au cours de la réaction de Fenton ou à partir de l'anion superoxyde dans la réaction d'Haber-Weiss:



Il est considéré comme l'ERO la plus réactive, inactivant la pyruvate-déshydrogénase de la mitochondrie, dépolymérisant le mucus du tractus gastro-intestinal ou induisant directement des atteintes oxydatives à l'ADN (Lubec, 1996).

### 3. 1. 3. 5. Les radicaux peroxydes

Ce sont des radicaux secondaires issus de l'addition de l'oxygène sur les radicaux centrés sur le carbone ( $\text{R}^\bullet$ ). Les radicaux  $\text{R}^\bullet$  sont issus de l'action des radicaux hydroxyles sur les substrats biologiques (par arrachement d'atome d'hydrogène ou addition sur les doubles liaisons) (Gardès-Albert et al., 2005).



### **3. 1. 4. Cibles biologiques des espèces réactives dérivées de l'oxygène**

Toutes les macromolécules cellulaires sont des cibles potentielles des EROs en général proches de leur site de production du fait de leur demi-vie relativement courte (Valko et al., 2007).

#### **3. 1. 4. 1. Oxydation des composés lipidiques**

Les acides gras polyinsaturés (l'acide linoléique ou l'acide arachidonique) ainsi que les phospholipides membranaires sont les cibles privilégiées des attaques oxydatives (Etsuo et al., 2005). Ainsi un unique évènement oxydatif peut altérer de nombreuses molécules lipidiques et induire une accumulation d'hydroperoxydes dans les membranes ce qui réduira leur fluidité ainsi que l'activité des protéines transmembranaires (Valko et al., 2006).

#### **3. 1. 4. 2. Oxydation des composés protéiques**

Les protéines sont les constituants cellulaires les plus abondants et sont par voie de conséquence des cibles importantes pour les EROs en particulier certains acides aminés comme la cystéine, la méthionine et la tyrosine. La modification structurale mineure d'une protéine peut induire une forte variabilité dans le fonctionnement de celle-ci. Ainsi, le stress oxydant peut avoir un effet sur la fonction propre d'une protéine mais peut également avoir des répercussions sur l'ensemble de la régulation cellulaire (Valko et al., 2006).

#### **3. 1. 4. 3. Oxydation des lipoprotéines**

Les lipoprotéines de faible densité sont susceptibles d'être oxydés par les EROs qui provoquent un changement dans leur structure conduisant à la formation des aldéhydes (Nicolosis et al., 1999).

#### **3. 1. 4. 4. Oxydation de l'ADN**

Les molécules d'ADN nucléaire et mitochondriale sont également des cibles des EROs (Barouki., 2006). Les altérations les plus communes sont l'hydroxylation des bases puriques et pyrimidiques et du squelette désoxyribose provoquant le clivage des brins et des mutations génétiques (Valko et al., 2006). Ces altérations de la molécule d'ADN peuvent conduire à l'arrêt de l'induction de la transcription ou de la transduction des voies de signalisation, à des erreurs de réplication ou à une instabilité génomique et l'ensemble est associé au phénomène de carcinogenèse (Valko et al., 2006).

### **3. 2. Les systèmes de défense antioxydants**

La production excessive ou incontrôlée d'espèces oxydantes induit une perturbation du statut redox pouvant induire de sérieuses altérations des structures cellulaires. Il est donc absolument nécessaire que cette production d'EROs et d'ERAs soit contrôlée. Pour cela, l'organisme a développé des systèmes de défense très efficaces contre la production des RL. Les

molécules contrôlant cette production sont désignées par le terme «antioxydants». Elles sont classées en antioxydants enzymatiques ou non-enzymatiques (Halliwell, 1990).

### 3. 2. 1. Définition

Un antioxydant est toute substance, présente à une concentration inférieure à celle du substrat oxydable, qui est capable de retarder ou inhiber significativement l'oxydation de ce substrat (Halliwell, 1990). Les antioxydants peuvent jouer leur rôle à différents niveaux du processus oxydatif, en:

- Neutralisant les radicaux initiateurs.
- Liant les ions métalliques.
- Neutralisant les radicaux peroxydes.
- Eliminant les biomolécules endommagées par oxydation, ainsi que d'autres types de réactions (Baskin et Salem, 1994).

### 3. 2. 2. Classification des antioxydants suivant la nature chimique

Les antioxydants sont classés généralement selon leur nature chimique en antioxydants naturels et synthétiques.

#### 3. 2. 2. 1. Les antioxydants naturels

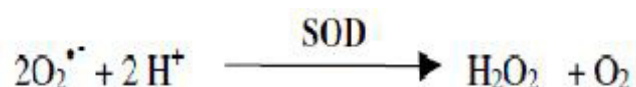
L'organisme possède des systèmes de défense très efficaces, de deux types: les antioxydants enzymatiques et les antioxydants non enzymatiques. Ces antioxydants sont d'autant plus importants que certains peuvent être utilisés en thérapeutique pour tenter de prévenir le stress oxydatif (Diplock, 1991).

##### A) Les antioxydants enzymatiques

Les antioxydants enzymatiques (la superoxyde dismutase, la catalase, la glutathion peroxydase et la glutathion réductase) sont considérés comme la première ligne de défense de l'organisme contre les RL (Goudable et Favier, 1997).

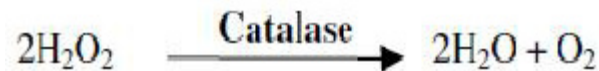
##### ➤ Les superoxydes dismutases (SOD)

La famille des superoxydes dismutases comporte trois isoformes (SOD1, SOD2 et SOD3) dont le rôle est la dismutation de deux anions superoxyde en espèces oxygénées moins réactives que sont  $H_2O_2$  et  $O_2$ . L'activité des SOD est dépendante des apports nutritionnels en cuivre et à un moindre degré en zinc (Goudable et Favier, 1997).



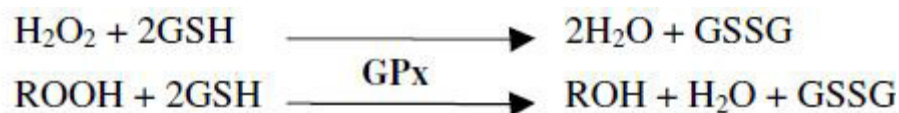
➤ **Les catalases**

Elles réduisent le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) en libérant de l'oxygène et de l'eau. Elles sont localisées surtout dans les peroxysomes. Elles n'éliminent pas la totalité du peroxyde d'hydrogène, mais leur rôle est très important surtout en présence d'ions ferreux (Lindau-Sehpar et Shaffer, 1993).



➤ **Les glutathions peroxydases et réductases**

Elles sont localisées dans le cytosol et dans les mitochondries. Le rôle de la glutathion peroxydase (GPx) est de réduire d'une part le peroxyde d'hydrogène en molécule d'eau, et d'autre part les hydroperoxydes organiques (ROOH) en alcools. Lors de cette réaction, qui demande l'intervention de deux molécules de glutathion (GSH), celles-ci se transforment en glutathion-disulfure (GSSG) (Marfak, 2003):



La glutathion réductase (GR) a pour rôle de régénérer le GSH à partir du GSSG. Au cours de cette réaction, la glutathion réductase utilise un cofacteur, le NADPH. Cette réaction produit du  $NADP^+$  qui sera régénéré en NADPH pour une utilisation ultérieure, par une autre enzyme, la glucose-6-phosphate-déshydrogénase (Marfak, 2003).

**B) Les antioxydants non enzymatiques**

La plupart des antioxydants ne sont pas synthétisés par l'organisme et doivent être apportés par l'alimentation. Ces antioxydants regroupent:

➤ **La vitamine E**

Elle désigne un groupe de nombreux composants présents dans la nature: les  $\alpha$ ,  $\beta$ -,  $\gamma$ - et  $\delta$ -tocophérols et tocotriénols. Elle intervient directement au niveau des membranes biologiques où elle piège les RL avant qu'ils n'atteignent leurs cibles. La vitamine E étant liposoluble, elle se fixe aux membranes et peut ainsi séquestrer les RL empêchant la propagation des réactions de peroxydation lipidique (Kanoun, 2010).

➤ **La vitamine C**

La vitamine C ou acide ascorbique est l'antioxydant hydrosoluble majeur. Elle se trouve dans le cytosol et dans le fluide extracellulaire; elle peut capter directement  $O_2^{\cdot-}$  et  $OH^{\cdot}$ . Elle peut aussi réduire le radical  $\alpha$ -tocophérol et ainsi permettre une meilleure efficacité de la vitamine E (Kanoun, 2010).

➤ **La  $\beta$ -carotène**

La  $\beta$ -carotène est apportée par l'alimentation. C'est un précurseur de la vitamine A, elle capte l'oxygène singulet sous faible pression d'oxygène et, avec les autres caroténoïdes, elle a le pouvoir de terminer les réactions en chaîne de lipoperoxydation. Elle protège les structures cellulaires contre l'agression oxydante. La présence de nombreuses doubles liaisons dans sa structure en fait des antioxydants reconnus, notamment par leur effet protecteur vis-à-vis des radiations solaires (Kanoun, 2010).

➤ **Le glutathion**

Il joue un rôle majeur dans la protection des lipides, des protéines et des acides nucléiques contre l'oxydation. Il fait aussi l'objet d'interactions synergiques avec d'autres composants du système de protection antioxydante tels que la vitamine C ou la vitamine E (Kanoun, 2010).

➤ **Les oligoéléments**

Le cuivre, le zinc, le manganèse, le sélénium et le fer sont des métaux essentiels dans la défense contre le stress oxydant. Toutes les enzymes antioxydantes requièrent un cofacteur pour maintenir leur activité catalytique. Ainsi, la SOD mitochondriale a besoin de manganèse, la SOD cytosolique de cuivre et de zinc, la catalase de fer et la GPx de sélénium (Kanoun, 2010).

➤ **Les composés phénoliques**

Les polyphénols suscitent depuis une dizaine d'année un intérêt croissant, une des raisons principales est la reconnaissance de leurs propriétés antioxydantes et ainsi leur implication probable dans la prévention des diverses pathologies associées au stress oxydant. En effet, ils sont impliqués dans la prévention des maladies dégénératives telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires, l'ostéoporose et les maladies inflammatoires. Les plus représentés sont les anthocyanes, les flavonoïdes et les tanins (Kanoun, 2010).

### **3. 2. 2. 2. Les antioxydants synthétiques**

Dans l'industrie alimentaire, les antioxydants synthétiques, tels que le butylhydroxyanisole (BHA), le butylhydroxytoluène (BHT), le gallate propylé et le tétrabutylhydroquinone sont largement utilisés parce qu'ils sont efficaces et moins chers que les antioxydants naturels (Lisu et al., 2003).

Cependant, il a été montré que ces antioxydants de synthèse pouvaient être toxiques. En effet, le BHA convertirait certains produits ingérés en substances toxiques ou carcinogènes, en augmentant la sécrétion des enzymes microsomaux du foie et des organes extra-hépatiques (Kanoun, 2010).

Plusieurs antioxydants synthétiques et quelques composés naturels (tocophérol, acide ascorbique, bêta-carotène) sont officiellement autorisés pour l'utilisation dans l'alimentation. Cependant, des études toxicologiques ont jugé certains antioxydants synthétiques comme sources de danger (Kanoun, 2010).

### 3. 3. Méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante

Plusieurs méthodes sont utilisées pour évaluer, *in vitro* et *in vivo*, l'activité antioxydante par piégeage de radicaux différents, comme les peroxydes ROO• par les méthodes ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) et TRAP (Total Radical-Trapping Antioxidant Parameter); les ions ferriques par la méthode FRAP (Ferric ion Reducing Antioxidant Parameter); ou les radicaux ABTS• (sel d'ammonium de l'acide 2, 2'-azinobis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique), ainsi que la méthode utilisant le radical libre DPPH• (diphenyl-picrylhydrazyle) (Popovici et al., 2009).

#### 3. 3. 1. Test de piégeage du radical libre DPPH

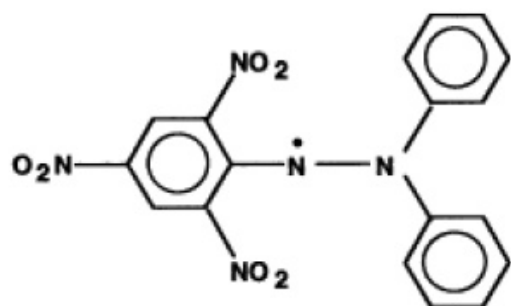
Le composé chimique 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyle ( $\alpha,\alpha$ -diphenyl- $\beta$ -picrylhydrazyle) fut l'un des premiers RL utilisés pour étudier la relation structure-activité antioxydante des composés phénoliques (Popovici et al., 2009).

De point de vue méthodologique, le test au radical libre DPPH• est recommandé pour des composés contenant les groupes SH, NH et OH. Il s'effectue à température ambiante, ceci permettant d'éliminer tout risque de dégradation thermique des molécules thermolabiles. Le test est largement utilisé au niveau de l'évolution des extraits hydrophiles en provenance du thé vert, des jus de fruits et de raisins, pépins et pulpes, très riches en composés phénoliques (Popovici et al., 2009).

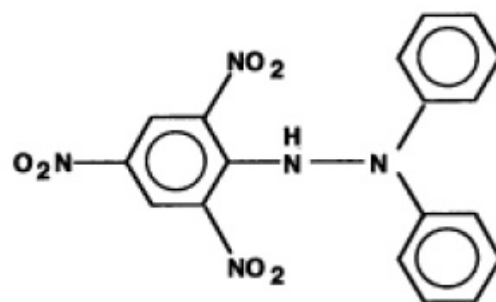
#### 3. 3. 2. Principe de la méthode

Le DPPH est un RL stable, il possède un électron non apparié sur un atome du pont d'azote, il est de couleur violacée qui absorbe à 517 nm. En présence de composés anti-radicalaires, le radical DPPH est réduit et change de couleur en virant au jaune (**Fig. 4**). Les absorbances mesurées servent à calculer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH, qui est proportionnel au pouvoir anti-radicalaire de l'échantillon (Popovici et al., 2009).

La capacité anti-radicalaire (capacité à fixer des RL, donc à arrêter la propagation de la réaction en chaîne) ne peut être mesurée directement, mais par contrôle de l'effet de la réactivité. Plusieurs facteurs influent sur le potentiel antioxydant et la cinétique de réduction, notamment les conditions de la réaction (temps, rapport antioxydant/DPPH•, type de solvants, pH) et le profil phénolique en particulier (Popovici et al., 2009).



1: Diphenylpicrylhydrazyl (free radical)



2: Diphenylpicrylhydrazine (nonradical)

**Figure 3.** Structure chimique du radical libre DPPH<sup>•</sup> (Molyneux, 2004).



**Deuxième partie:**

**Etude pratique**

### I. Matériel et méthodes

#### 1. 1. Enquête ethno-pharmacologique

L'étude ethno-pharmacologique est réalisée durant les mois de Mars et Avril dans la région de M'sila et Berhoum. Le but de cette étude est d'identifier les différentes utilisations médicinales traditionnelles de basilic et de documenter la connaissance médicinale traditionnelle liée à l'utilisation de cette plante.

#### 1. 2. Matériel végétal

La plante *O. basilicum* L. étudiée a été récoltée en mois de Mars 2014, dans la région Berhoum (à 50 Km au l'est de M'sila).

Les feuilles fraîchement récoltées, ont été séchées à l'ombre dans un endroit sec et aéré pendant plusieurs jours jusqu'à la dessiccation complète. Après le séchage, les feuilles sont finement broyées à l'aide d'un broyeur classique jusqu'à l'obtention d'une poudre grossière, les poudres obtenues sont conservées soigneusement à l'abri de la lumière et de l'humidité dans des sacs en papier en vue de leurs analyses.

#### 1. 3. Extraction

50 g de poudre fine sont macérés dans 500 ml méthanol à 80% (v/v) ou de l'eau distillée pendant 24 heures sous agitation permanente à l'aide d'un agitateur magnétique. Lorsque la période de macération est terminée, l'homogénat obtenu est filtré sur la mousseline et en pressant énergiquement le tout afin d'extraire le maximum de liquide. Le filtrat obtenu subit une autre filtration sur papier filtre Whatman (n= 3). Les filtrats combinés sont évaporés à sec à 50 °C à l'aide d'un évaporateur rotatif. Les résidus récupérés sont versés dans des boîtes de pétri et séchés à l'étuve à 50 °C. Les extraits obtenus ont été ensuite préservés aseptiquement dans des flacons ombrés protégées avec du papier aluminium afin d'éviter toute dégradation des molécules par la lumière, puis conservées à 4 °C pour une utilisation ultérieure.

#### 1. 4. Etude qualitative (Screening phytochimique)

L'identification c'est ce que tous les chimistes appellent **Le Screening chimique** est réalisée dans le but d'identifier toutes les composantes chimiques que contient l'extrait à tester. Le screening phytochimique a permis de mettre en évidence la richesse de la plante en différents métabolites secondaires (Dohou et al., 2004).

Les différents groupes de composés (tannins, polyphénols, flavonoïdes, quinones et saponines) contenus dans les extraits ont été mis en évidence selon les méthodes décrites par plusieurs études (Dohou et al., 2004; Békro et al., 2007; N'guessan et al., 2009).

##### 1. 4. 1. Les polyphénols

Pour mettre en évidence les polyphénols, la réaction au chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ) a été utilisée. Ainsi, à 2 ml de chaque solution, est ajoutée une goutte de solution alcoolique de chlorure ferrique à 2%. Le chlorure ferrique provoque en présence de dérivés polyphénoliques l'apparition d'une coloration bleu noirâtre ou verte plus ou moins foncée. Le témoin est effectué avec la solution alcoolique d'acide gallique.

### 1. 4. 2. Les flavonoïdes

La présence ou l'absence des flavonoïdes dans un extrait peut être mise en évidence par un test simple et rapide au magnésium. Le test consiste à ajouter 5 ml d'infusé à 5 ml d'alcool chlorhydrique (éthanol à 95%, eau distillée, HCl concentré: v/v/v); puis quelques copeaux de magnésium et 1 ml d'alcool isoamylique sont ajoutés au mélange. On laisse agir quelques minutes. L'apparition d'une coloration rose orangée ou rose violacée ou rouge, rassemblée dans la couche surnageante d'alcool, implique la présence des flavonoïdes libres (génines).

### 1. 4. 3. Les saponines

Pour mettre en évidence les saponines, 5 ml de l'extrait aqueux sont introduits dans un tube à essai. Après agitation avec énergie en position horizontale pendant 15 secondes, le mélange est laissé reposer pendant 15 minutes. La formation d'une mousse persistante indique la présence des saponosides.

### 1. 4. 4. Les anthocyanes

Quelques gouttes d'ammoniaque dilué au 1/2 sont ajoutées à 5 ml d'infusé. La réaction donne une coloration bleue en présence d'anthocyane.

### 1. 4. 5. Les acides organiques

Quelques gouttes de bleu de bromothymol sont introduites dans un tube à essai contenant l'extrait, la déviation de la couleur en jaune canarie indique la présence des acides organiques.

### 1. 4. 6. Les tanins

Le matériel végétal (1,5 g) est placé dans 10 ml de méthanol 80%. Après 15 minutes d'agitation, l'extrait est filtré et mis dans un tube. L'ajout de quelques gouttes de  $\text{FeCl}_3$  à 1% permet de vérifier la présence ou l'absence des tanins. La déviation de la couleur en bleu-noire indique la présence des tanins galliques alors que leur déviation en brun verdâtre indique la présence des tanins catéchiques.

### 1. 4. 7. Les huiles essentielles

Cinq gramme de matière végétale fraîche dans 300 ml d'eau distillée sont filtrés. Le filtrat obtenu est mélangé avec l'éther diéthylique. La phase organique obtenue est séchée par

$\text{Na}_2\text{SO}_4$  puis évaporée à faible température. Le résidu est dissous dans l'eau distillée. L'apparition d'une couche surnageante jaune indique la présence des huiles essentielles.

### 1. 4. 8. Les coumarines

Un gramme de poudre végétale dans un tube est mélangé avec quelques gouttes d'eau distillée. Le tube est recouvert avec du papier imbibé de NaOH diluée et porté à ébullition. Toute fluorescence jaune indique la présence de coumarine après l'examen sous UV.

### 1. 4. 9. Les quinones libres

Un gramme de matériel végétal sec broyé est placé dans un tube qui contient 15 à 30 ml d'éther de pétrole. Après agitation et un repos de 24 heures, les extraits sont filtrés et concentrés à l'évaporateur rotatif. La présence de quinones libres est confirmée par l'ajout de quelques gouttes de NaOH diluée en 1/10, lorsque la phase aqueuse vire au jaune, rouge ou violet.

## 1. 5. Etude quantitative

### 1. 5. 1. Dosage des polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux est déterminée à l'aide de la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu. C'est une méthode simple et sensible (Ba et al., 2013).

Des aliquotes de 100  $\mu\text{l}$  d'extraits ou de solution standard d'acide gallique sont ajoutés à 500  $\mu\text{l}$  de réactif phénolique de Folin-Ciocalteu dilué en 1/10 fraîchement préparé. Après 6 minutes, 400  $\mu\text{l}$  de solution de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) à 7,5% sont ajoutés au mélange. Après agitation, l'ensemble est incubé à l'obscurité à une température ambiante pendant deux heures. L'échantillon blanc est préparé de la même façon en remplaçant l'acide gallique par le méthanol. La lecture de l'absorbance à 765 nm est effectuée contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (Schimadzu-UV-2401PC, UV-Vis). Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait.

### 1. 5. 2. Dosage des flavonoïdes totaux

La teneur en flavonoïdes des extraits est déterminée en utilisant la méthode colorimétrique au trichlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ) (Bahorun et al., 1996).

Un millilitre de la solution des échantillons (les extraits ou la quercétine) est ajouté à un millilitre d' $\text{AlCl}_3$  (2%). Le mélange est laissé réagir pendant 10 minutes puis la lecture de l'absorbance est faite à 430 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (Schimadzu-UV-2401PC, UV-Vis). La concentration des flavonoïdes dans les extraits est calculée à partir de la gamme d'étalonnage établie avec la quercétine et exprimée en milligramme d'équivalent de quercétine par gramme d'extrait.

### 1. 6. Evaluation de l'activité antioxydante par le test au DPPH

La mesure de l'activité antiradicalaire des deux extraits de la plante est effectuée par le test au DPPH selon la méthode décrite par Sanchez-Moreno (1998).

Une solution de DPPH (0,002%) dans le méthanol est préparée à l'avance (au moins deux à trois heures) car la solubilisation est difficile et elle ne se conserve pas plus de 4 à 5 jours et à l'obscurité. La solution donne une couleur pourpre profonde.

Des volumes de 50 µl des solutions à tester (extrait méthanolique et aqueux ou de BHT) sont mélangés avec 1950 µl de solution de DPPH. Le mélange réactionnel est agité vigoureusement pendant 10 secondes et laissé reposer à l'obscurité pendant 30 minutes avant la lecture de l'absorbance à 517 nm (contre un blanc) par un spectrophotomètre UV-Visible (Schimadzu-UV-2401PC, UV-Vis).

Le pourcentage d'inhibition (I%) du radical DPPH est calculé selon l'équation suivante:

$$I\% = [1 - (\text{Abs}_{\text{Echt}} / \text{Abs}_{\text{Cont}})] \times 100 \quad \text{où:}$$

**I%**: Pourcentage d'inhibition du radical DPPH.

**Abs<sub>Echt</sub>**: Absorbance de l'échantillon.

**Abs<sub>Cont</sub>**: Absorbance du contrôle négatif.

### 1. 7. Réactifs

Les réactifs chimiques utilisés dans cette étude sont: le DPPH, l'éthanol, le méthanol, le bleu de bromothymol, l'éther diéthylique, l'éther de pétrole, l'alcool isoamylique, l'alcool chlorhydrique, le FeCl<sub>3</sub>, le Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, la NaOH, le BHT, le réactif de Folin-Ciocalteu, l'ammoniaque, le magnésium, l'acide gallique et la quercétine qui proviennent tous de Sigma-Aldrich, Biochem, GPR Rectapur, VWR, Organocs, Fluka.

### 1. 8. Analyses statistiques

Les résultats des tests effectués sont exprimés en moyenne ± SEM. La comparaison de la teneur en polyphénols et en flavonoïdes totaux dans les deux extraits méthanolique et aqueux est effectuée par le test de Student. Les valeurs des IC<sub>50</sub> (concentration inhibitrice à 50%) sont calculées par la méthode de la régression linéaire à partir de la droite [% inhibition = f(concentrations)]. La différence significative entre les différentes concentrations testées d'une part et les différents extraits et le standard (BHT) d'autre part est déterminée par l'analyse de variance à un facteur contrôlé suivi par le test de Tukey pour les comparaisons multiples. Toutes les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant le logiciel Graphpad avec un risque d'erreur α fixé à 5%.

## II. Résultats

### 2. 1. Enquête ethno-pharmacologique

L'enquête ethno-pharmacologique a permis d'interroger 24 herboristes et de caractériser 33 propriétés thérapeutiques d'*O. basilicum* L. utilisées dans la pharmacopée traditionnelle de la région de M'sila, et de trouver la fréquence d'utilisation et les modes d'emploi les plus utilisés de cette plante.

Les résultats montrent qu'*O. basilicum* L. est fréquemment utilisé comme digestif (12.39%), stomachique, sédatif (7.08%) et comme épice (6.19%). Alors que la majorité des remèdes de cette plante sont préparés sous forme de décoction (30.56%), d'infusion (23.61%) ou sous forme de feuilles fraîches ou sèches (15.28%).

### 2. 2. Extraction

L'extraction des principes actifs contenue dans les feuilles d'*O. basilicum* L. est réalisée en utilisant la méthode d'extraction par macération dans le méthanol et dans l'eau.

La macération de 20 g de la partie aérienne d'*O. basilicum* L. a donné 3.05 g d'extrait aqueux (15.24%) qui a l'aspect d'une poudre fine hygroscopique marron, tandis que la macération de 50 g de la même partie de la plante dans le méthanol a donné 14.34 g (28.67%) d'extrait cristallin de couleur verte (**Tab. 3**).

Les deux extraits de la plante possèdent un pH neutre dont les valeurs sont 7.67 et 7.47 pour l'extrait méthanolique et l'extrait aqueux respectivement (**Tab. 3**). Le spectre d'absorption UV/Visible des solutions des deux extraits à 0.1% (w/v) indique le même pic d'absorption à 307 nm (**Tab. 3**).

**Tableau 3.** Certaines caractéristiques des extraits d'*O. basilicum* L.

Extraits	Rendement (%)	Couleur	pH**	$\lambda_{\max}$ (nm) **
Méthanolique	28.67	Verdâtre	7.67	307
Aqueux	15.24	Marron	7.47	307

\*\* Solution des extraits à 0,1% (w/v).

### 2. 3. Etude qualitative (Screening phytochimique)

Les tests phytochimiques consistent à détecter les différentes familles de métabolites secondaires existants dans la partie étudiée de la plante par des réactions qualitatives de

caractérisation. Ces réactions sont basées sur des phénomènes de précipitation ou de coloration par des réactifs spécifiques à chaque famille de composés (Bougandoura et Bendimerad, 2012).

Les résultats du screening phytochimique indiquent qu'*O. basilicum* L. contient des polyphénols, des flavonoïdes, des tanins, des acides organiques, des saponines, des coumarines, des huiles essentielles, des quinones libres et des dérivés polyphénoliques. Par contre, le basilic est dépourvue d'anthocyanes et d'amidon.

### 2. 4. Etude quantitative

#### 2. 4. 1. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux par la méthode de Folin-Ciocalteu permet de constater qu'il y a une corrélation entre l'absorbance et la concentration de l'acide gallique ( $R=0.999$ ) et l'équation de la droite de régression est comme suit:

$$DO = 0.009 \times \text{concentration} + 0.018 \text{ (Fig. 5).}$$

Les résultats du dosage dans les extraits méthanolique et aqueux des feuilles d'*O. basilicum* L. montrent que l'extrait méthanolique contient une forte teneur en polyphénols totaux ( $225.99 \pm 3.13$  mg d'équivalent d'acide gallique/g d'extrait) par rapport à celle de l'extrait aqueux ( $41.20 \pm 0.40$  mg/g d'extrait) (Fig. 6).

L'analyse statistique montre qu'il y a une différence significative entre les deux extraits ( $P \leq 0.05$ ).

#### 2. 4. 2. Dosage des flavonoïdes totaux

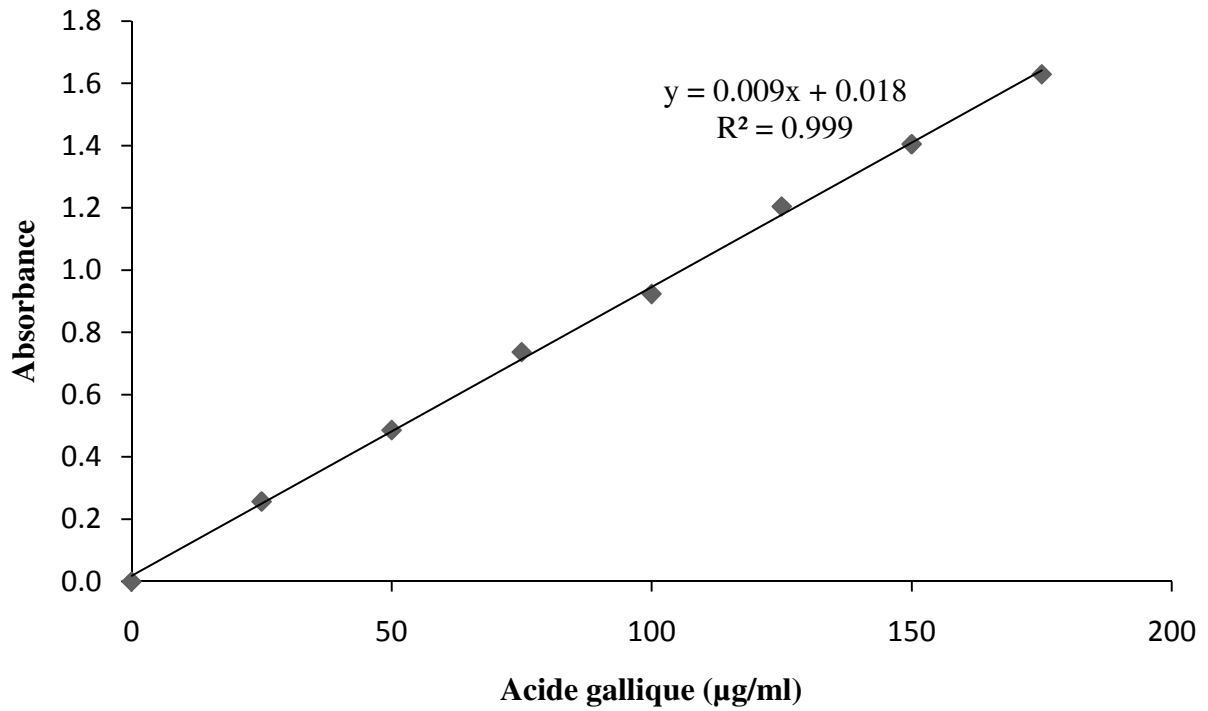
La détermination quantitative des flavonoïdes totaux par la méthode de l' $AlCl_3$  en utilisant la quercétine comme standard, montre que l'absorbance augmente linéairement avec la concentration de ce flavonoïde ( $R=0.999$ ) et l'équation de la droite de régression est comme suit:  $DO = 0.043 \times \text{concentration} - 0.005$  (Fig. 7).

Les résultats du dosage des flavonoïdes totaux indiquent que l'extrait méthanolique renferme la plus grande quantité des flavonoïdes. Il contient  $83.63 \pm 3.48$  mg d'équivalent de quercétine/g d'extrait), par contre l'extrait aqueux contient  $12.96 \pm 0.51$  mg d'équivalent de quercétine/g d'extrait (Fig. 8).

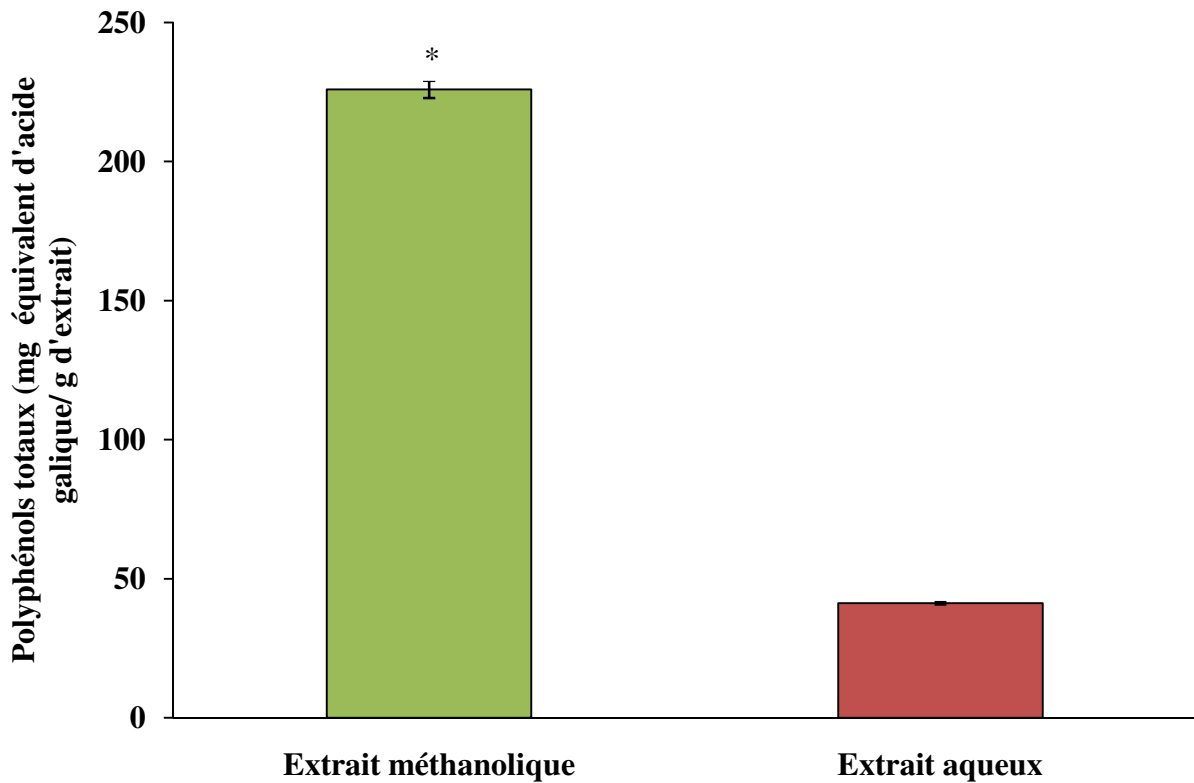
L'examen des résultats du dosage des flavonoïdes montre qu'il y a une différence significative entre les quantités de flavonoïdes dans les deux extraits.

### 2. 5. Evaluation de l'activité antioxydante par le test au DPPH

L'activité antioxydante des extraits méthanolique et aqueux des feuilles d'*O. basilicum* L. et de l'antioxydant standard (BHT) vis-à-vis du radical DPPH est évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre en suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette (DPPH•) à la couleur jaune (DPPH-H) mesurable à 517 nm. Cette capacité de



**Figure 5.** Droite d'étalonnage de l'acide gallique avec le réactif de Folin-Ciocalteu. (moyenne de 6 mesures).



**Figure 6.** Détermination du taux des polyphénols totaux des extraits d'*O. basilicum* L. Les valeurs sont la moyenne  $\pm$  SEM (n=6); \*: Comparaison entre les deux extraits,  $P \leq 0.05$ .

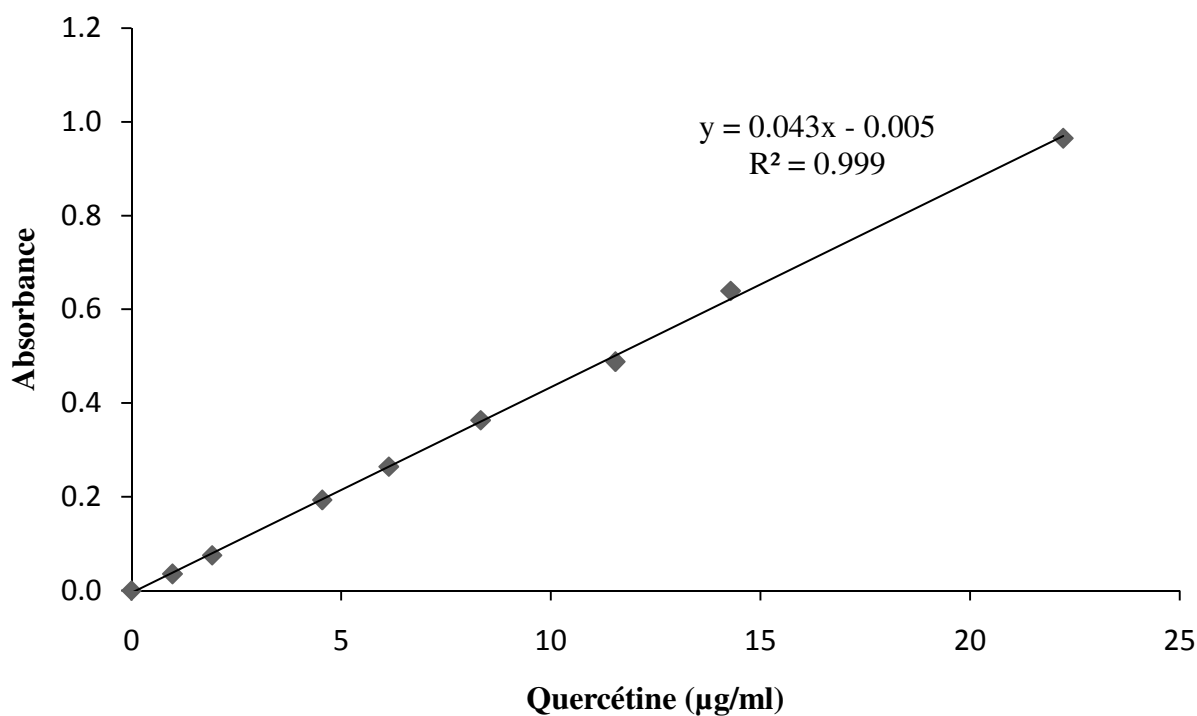


Figure 7. Droite d'étalonnage de la quercétine avec le réactif de l'AlCl<sub>3</sub>. (moyenne de 12 mesures).

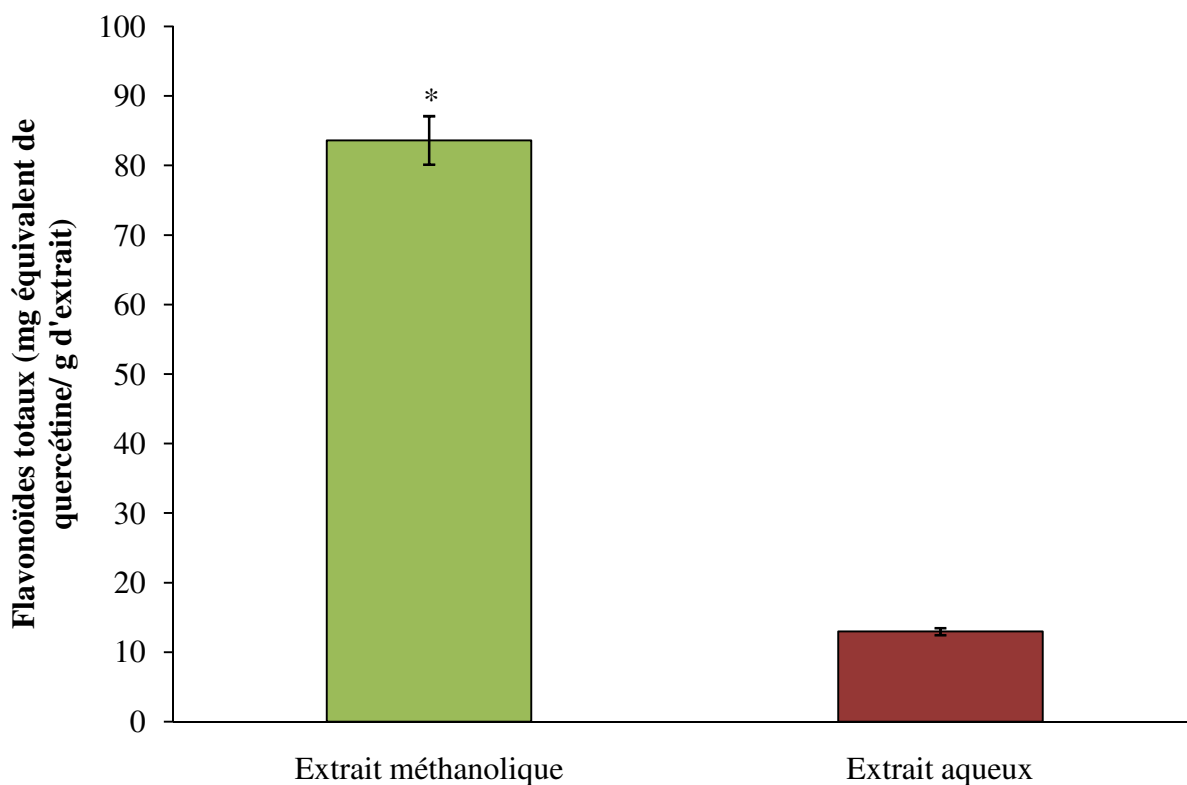


Figure 8. Détermination du taux des flavonoïdes totaux des extraits d'*O. basilicum* L.

Les valeurs sont la moyenne  $\pm$  SEM (n=3); \*: Comparaison entre les deux extraits,  $P \leq 0.05$ .

## Partie pratique

---

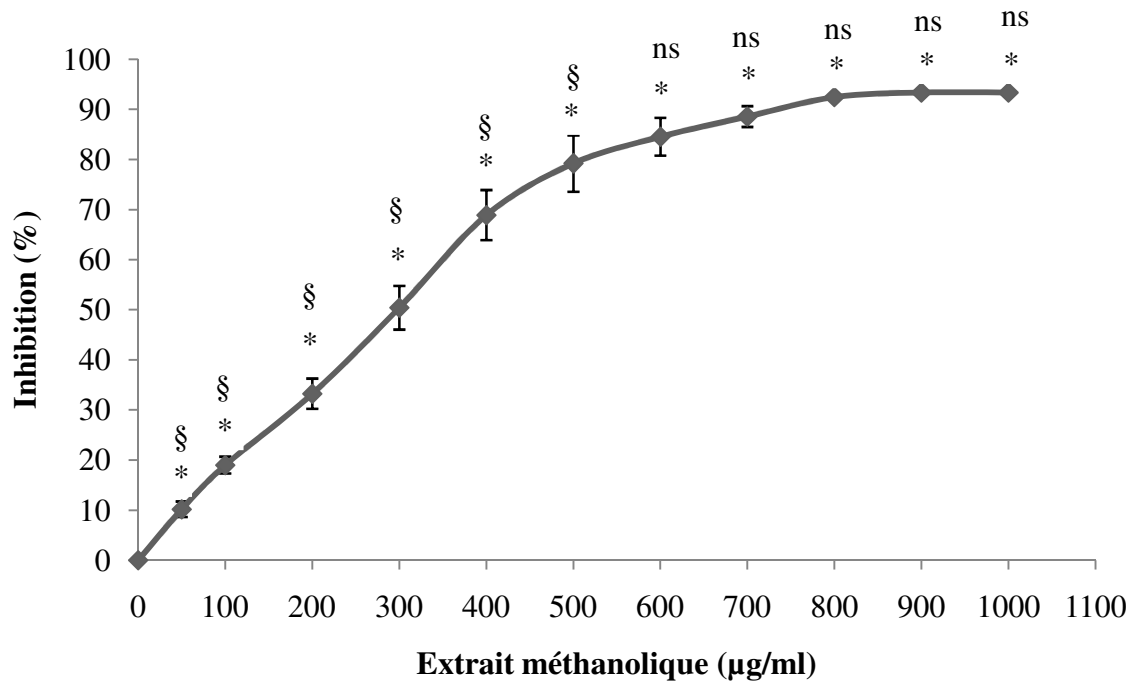
réduction est déterminée par une diminution de l'absorbance induite par des substances anti-radicalaires.

A partir des valeurs obtenues, les pourcentages d'inhibition sont calculés en utilisant la formule donnée auparavant. Les valeurs obtenues ont permis de tracer des courbes représentées sur les **Figures 9, 10 et 11**, qui montrent la variation du pourcentage d'inhibition en fonction des concentrations des extraits ou du BHT. Les résultats obtenus révèlent que le pourcentage d'inhibition du DPPH augmente avec la concentration jusqu'à un seuil où le pourcentage d'inhibition se stabilise avec l'élévation de la concentration. En effet, à partir de 800 µg/ml d'extrait méthanolique ou de BHT, le pourcentage d'inhibition se stabilise. Par contre, la stabilisation de ce pourcentage nécessite une concentration plus élevée d'extrait aqueux (3500 µg/ml). A ces concentrations de stabilisation, les taux d'inhibition notés sont  $92.46 \pm 0.47$  (%);  $74.57 \pm 1.43$  (%);  $65.75 \pm 1.47$  (%), n=3-6 pour l'extrait méthanolique, le BHT et l'extrait aqueux respectivement.

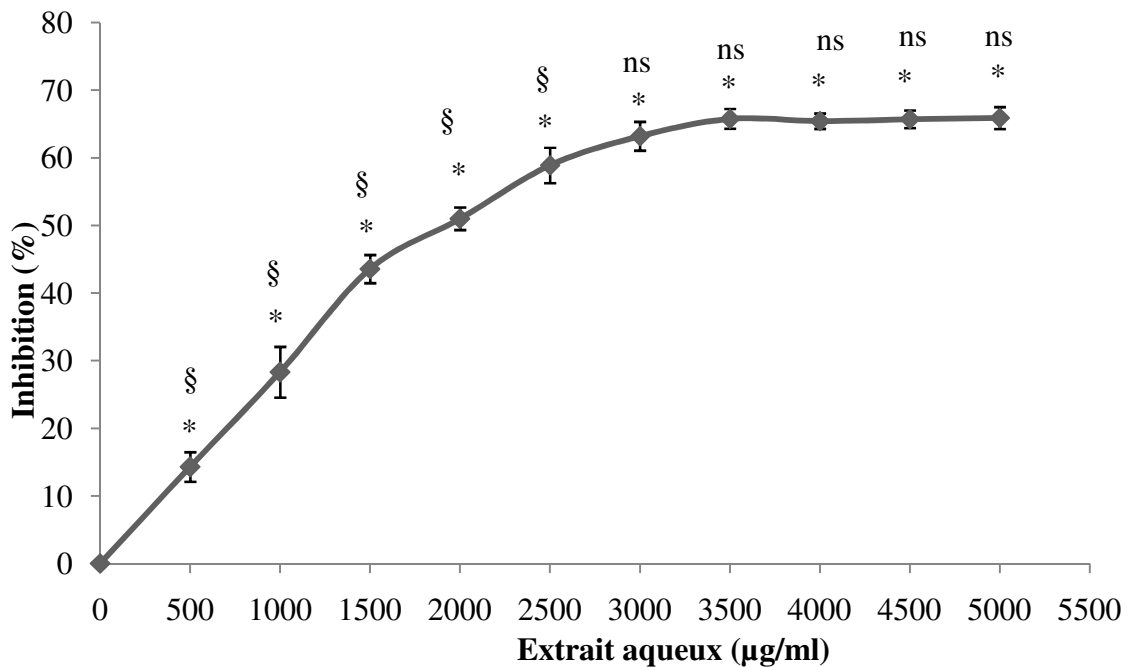
La concentration des deux extraits ainsi que celle de BHT qui provoque 50% d'inhibition du DPPH (IC<sub>50</sub>) est déterminée à partir de la droite de régression qui représente le pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration.

L'extrait méthanolique semble avoir l'effet inhibiteur le plus puissant sur le radical DPPH en comparaison avec le BHT et l'extrait aqueux. En effet, les valeurs des IC<sub>50</sub> sont:  $304.82 \pm 24.15$  µg/ml,  $327.46 \pm 13.11$  µg/ml et  $2122.81 \pm 107.77$  µg/ml pour l'extrait méthanolique, le BHT et l'extrait aqueux respectivement (**Fig. 12**).

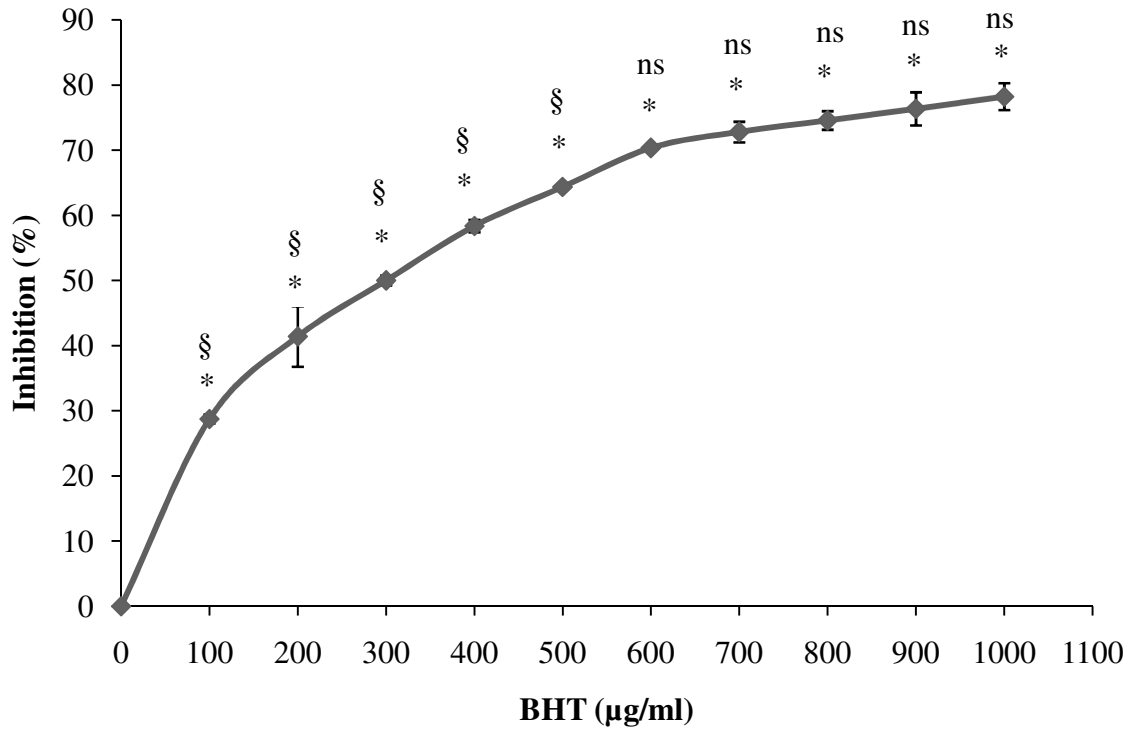
La comparaison des valeurs des IC<sub>50</sub> montre l'existence d'une différence significative entre l'extrait aqueux d'une part et l'extrait méthanolique et le BHT d'autre part ( $P \leq 0.05$ ). En parallèle, aucune différence significative est notée entre l'extrait méthanolique et le BHT ( $P > 0.05$ ).



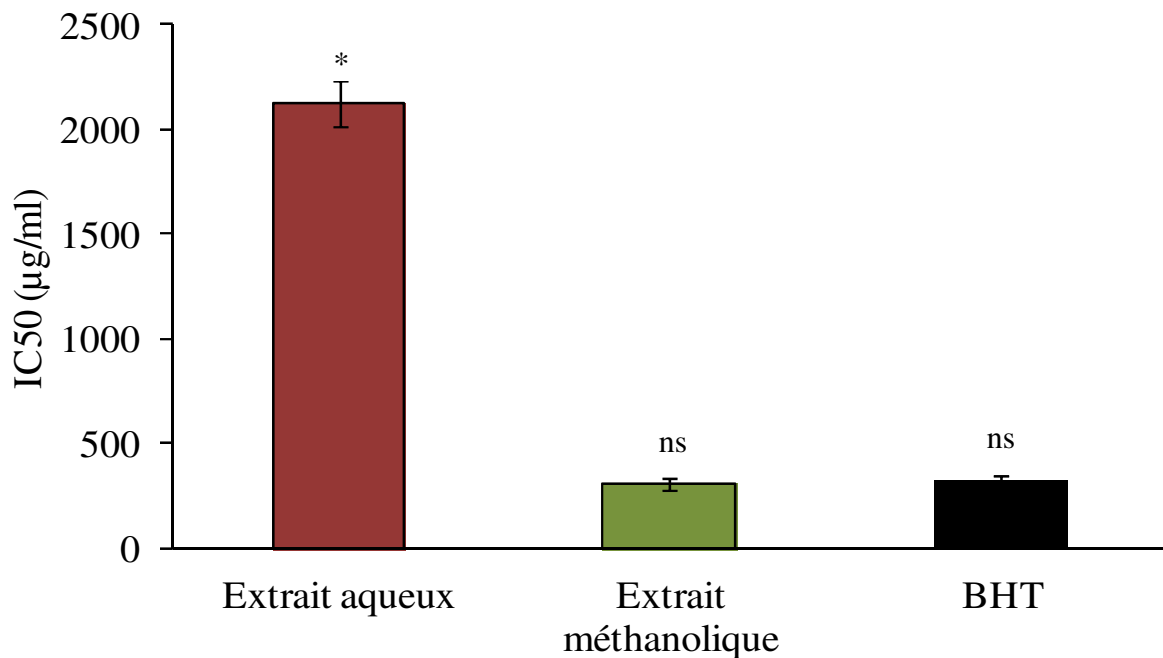
**Figure 9.** Evaluation de l'activité antioxydante de l'extrait méthanolique d'*O. basilicum* L. en fonction de la concentration. Les valeurs sont la moyenne  $\pm$  SEM (n= 6); \*: Comparaison par rapport à la référence (DPPH sans extrait),  $P \leq 0.05$ ; §: Comparaison par rapport aux autres concentrations,  $P \leq 0.05$ ; ns:  $P > 0.05$ .



**Figure 10.** Evaluation de l'activité antioxydante de l'extrait aqueux d'*O. basilicum* L. en fonction de la concentration. Les valeurs sont la moyenne  $\pm$  SEM (n= 6); \*: Comparaison par rapport à la référence (DPPH sans extrait),  $P \leq 0.05$ ; §: Comparaison par rapport aux autres concentrations,  $P \leq 0.05$ ; ns:  $P > 0.05$ .



**Figure 11.** Evaluation de l'activité antioxydante de BHT en fonction de la concentration. Les valeurs sont la moyenne  $\pm$  SEM (n= 3); \*: Comparaison par rapport à la référence (DPPH sans BHT),  $P \leq 0.05$ ; §: Comparaison par rapport aux autres concentrations,  $P \leq 0.05$ ; ns:  $P > 0.05$ .



**Figure 12.** Comparaison des  $IC_{50}$  de l'extrait méthanolique, l'extrait aqueux et de BHT. Les valeurs sont la moyenne  $\pm$  SEM (n=3-6); \*:  $P \leq 0.05$ . ns:  $P > 0.05$ .

### III. Discussion

Vue la large utilisation d'*O. basilicum* L. en médecine traditionnelle, le présent travail consiste à extraire et à doser des principes actifs de cette plante (polyphénols et flavonoïdes) et d'évaluer l'effet antiradicalaire des extraits de cette plante vis-à-vis le radical libre DPPH.

#### 3. 1. Extraction

La méthode d'extraction adoptée dans cette étude est basée d'une part sur le mode d'utilisation traditionnelle d'*O. basilicum* L. (extraction par l'eau) et d'autre part sur l'efficacité des solvants organiques (extraction par le méthanol). Un rendement relativement élevé (28.67%) est obtenu avec le méthanol. Par contre, l'extraction par l'eau donne un rendement faible (15.24%). Ceci peut être expliqué par la capacité du méthanol d'extraire le maximum de composés en comparaison avec l'eau. Etant donnée le nombre élevé de filtration pour éliminer les impuretés et les débris, cette méthode d'extraction conduit à des pertes substantielles de matière entraînant de faibles rendements d'extraction.

#### 3. 2. Etude qualitative

L'étude qualitative d'*O. basilicum* L. permet de mettre en évidence l'existence de divers métabolites secondaires (polyphénols, flavonoïdes, tanins, acides organiques, saponines, coumarines, quinones libres et dérivés polyphénoliques). Ce résultat est en accord avec ceux de plusieurs travaux ultérieurs qui montrent que la partie aérienne d'*O. basilicum* L. est riche en composés actifs (Phippen et Simon 1998; Sakr et Wael, 2012; Adeola et al., 2012; Al-Mashri et al., 2013). En plus, le screening phytochimique de la présente étude montre que cette plante contient aussi des huiles essentielles. En effet, Özcan et Chalchat (2002) ont identifié 41 huiles essentielles d'*O. basilicum* L. de la Turkey. D'autres études ont révélé la présence des huiles essentielle dans la partie aérienne de cette plante (Javanmardi et al., 2002; Ismail, 2006).

#### 3. 3. Etude quantitative

La détermination des teneurs en polyphénols et en flavonoïdes totaux dans les deux extraits méthanolique et aqueux dans les feuilles d'*O. basilicum* L. est faite en utilisant séparément les méthodes colorimétriques (Folin-Ciocalteux et  $AlCl_3$ ).

La détermination quantitative des composés phénoliques montre que les quantités en polyphénols et en flavonoïdes dans l'extrait méthanolique sont relativement importantes. En effet, la teneur en polyphénols est cinq fois plus grande dans l'extrait méthanolique que celle dans l'extrait aqueux. En parallèle, le premier extrait est six fois plus riche en flavonoïdes que le

second. De plus, l'extrait méthanolique des racines de *Fredolia aretioides* contient une teneur élevée en phénols totaux (Bentabet et al., 2014).

La différence des quantités en polyphénols et en flavonoïdes dans les deux extraits peut être due à la nature du solvant utilisé (eau, méthanol). Ceci permet de suggérer que le méthanol est le meilleur solvant pour l'extraction des polyphénols et des flavonoïdes en comparaison avec l'eau. Cette suggestion est en accord avec le résultat obtenu par Telli et ses collaborateurs (2010) qui montre que le meilleur solvant d'extraction des polyphénols est le méthanol. Ceci peut être dû à la meilleure solubilité de la majorité des polyphénols dans le méthanol que dans l'eau (Benedec et al., 2012). En revanche, les travaux de Bougandoura et Bendimerad (2013) révèlent que les deux extraits (méthanolique et aqueux) de *Satureja calamintha* présentent des teneurs modérées en flavonoïdes.

De même, la différence de la quantité en polyphénols et en flavonoïdes peut être due à plusieurs facteurs comme montrent diverses études. En effet, le contenu polyphénolique varie qualitativement et quantitativement dans une plante, cela peut être attribué à plusieurs facteurs:

- Facteurs climatiques et environnementaux: la situation géographique, (Javanmardi et al., 2002), la sécheresse, le sol, l'agressions et les maladies, etc. (Bentabet et al., 2014).
- Le patrimoine génétique (Özcan et Chalchat, 2002) et le stade de développement de la plante (Bentabet et al., 2014).
- La saison de récolte, le séchage, la durée de stockage de la plante et le traitement auquel elle est soumise (Benedec et al., 2012).
- La méthode d'extraction et la méthode de quantification peuvent également influencer l'estimation de la teneur des phénols totaux (Bentabet et al., 2014).

La richesse d'*O. basilicum* L. en composés polyphénoliques nous permet de confirmer les multiples utilisations traditionnelles de cette plante.

### **3. 4. Evaluation de l'activité antioxydante par le test au DPPH**

L'évaluation de l'activité antioxydante d'*O. basilicum* L. par le test au DPPH permis de montrer que cette plante a un pouvoir antioxydant. Cela est en accord avec les travaux menés par plusieurs chercheurs sur la même plante (Dinanath et al., 2001; Javanmardi et al., 2002; Lee et al., 2005; Razavi et al., 2009; Kaurinovic et al., 2011). L'activité antioxydante d'*O. basilicum* L. peut être due à la présence des polyphénols. Cette suggestion est en accord avec l'étude de Četković et ses collaborateurs (2007) qui démontre que les composés phénoliques présents dans l'espèce *Satureja montana* L. de la région de Sibérie sont responsables de nombreuses activités biologiques notamment l'activité antioxydante.

Selon Bougandoura et Bendimerad (2013), le pouvoir réducteur des polyphénols est dû à la présence de groupements hydroxyles dans ces composés qui peuvent servir comme donneur d'électron. De même, il a été démontré que les molécules antioxydantes telles que l'acide ascorbique, l' $\alpha$ -tocophérol, les flavonoïdes et les tanins réduisent et décolorent le DPPH en raison de leur capacité à céder un atome d'hydrogène (Bougandoura et Bendimerad, 2013).

Le screening phytochimique effectué dans cette étude montre qu'*O. basilicum* L. contient en plus des flavonoïdes d'autres principes actifs tels que les tanins, les anthocyanes et les huiles essentielles qui peuvent participer dans le pouvoir anti-radicalaire de ses extraits. En effet, l'huile essentielle de *Lavandula officinalis* est responsable de son activité antioxydante (Laib, 2012).

Au cours d'évaluation de l'effet antiradicalaire de deux extraits d'*O. basilicum* L., il apparait clairement que ses extraits (méthanolique et aqueux) ont une capacité antiradicalaire vis-à-vis le radical libre DPPH. En effet l'étude de l'activité antioxydante des extraits issus de l'espèce *Satureja calamintha* selon la méthode de la réduction du fer et celle du piégeage du radical libre DPPH a montré que les deux extraits méthanoliques et aqueux possèdent une activité antioxydante modérée, et le pourcentage d'inhibition de ces deux extraits est supérieur à 90% (Bougandoura et Bendimerad, 2013).

La comparaison du pouvoir antiradicalaire des deux extraits d'*O. basilicum* L. par le test au DPPH a permis de montrer que l'extrait méthanolique est le plus efficace. Ceci peut être dû à la richesse de l'extrait méthanolique en polyphénols et particulièrement en flavonoïdes. Bougandoura et Bendimerad (2013) ont montré que l'extrait méthanolique de *Satureja calamintha* a un pouvoir réducteur plus élevé que celui de l'extrait aqueux et que les polyphénols contenus dans ces extraits sont responsables de l'activité antioxydante de cette plante. De même, Ojeil et ses collaborateurs (2010) ont démontré que les échantillons les plus riches en composés phénoliques totaux sont ceux présentant les meilleurs pouvoirs antiradicalaires.

L'antioxydant de référence, le BHT, utilisé dans la présente étude, présente une activité antioxydante identique à celle de l'extrait méthanolique d'*O. basilicum* L. Plusieurs études ont montré que le BHT est doué d'une forte activité (Athamena et al., 2010)

De ces résultats, il apparait qu'*O. basilicum* L. peut être considéré comme un bon antioxydant et peut être employé pour des applications thérapeutiques.

La décoction des feuilles d'*O. basilicum* L. sous forme fraîche ou sèche est le mode d'emploi le plus fréquent dans la pharmacopée traditionnelle de la région de M'sila. Le basilic est utilisé comme digestif, stomachique, sédatif et comme épice. En effet, l'étude qualitative montre la richesse de cette plante en métabolites secondaires, ce qui confirme son utilisation traditionnelle. La détermination quantitative des polyphénols et des flavonoïdes totaux dans les deux extraits d'*O. basilicum* L. révèle que l'extrait méthanolique est le plus riche en ces composés.

L'étude comparative de la capacité de piégeage des deux extraits vis-à-vis du radical DPPH montre qu'il y a une proportionnalité avec la teneur en composés phénoliques. En effet, l'extrait méthanolique semble avoir l'effet le plus puissant par rapport à celui de l'extrait aqueux. En parallèle, ce même extrait a un effet identique à celui de l'échantillon commercial BHT. Donc *O. basilicum* L. peut être considéré comme un agent antioxydant de première classe et peut trouver une application importante dans l'industrie pharmaceutique et alimentaire.

Les divers aspects abordés dans cette étude ouvrent de nouvelles perspectives de recherche, qui peuvent être résumé en trois points:

- L'extraction est une étape très importante dans l'étude de composés phénoliques (isolement, identification et détermination). En effet, l'utilisation de d'autres méthodes et solvants d'extraction est nécessaire.
- Du fait que la composition des extraits d'*O. basilicum* L. est complexe, il est nécessaire d'obtenir des composés purs et de les caractériser par des méthodes plus spécifiques (techniques chromatographiques, spectroscopie de masse, résonance magnétique nucléaire...etc.).
- Vue la large utilisation d'*O. basilicum* L. en médecine traditionnelle, il est nécessaire d'étudier l'effet des extraits de cette plante sur les activités biologiques telles que l'activité anti-inflammatoire, antidiabétique...etc. De même, il est important de chercher les mécanismes d'action impliqués par les polyphénols et les flavonoïdes dans ces activités.

## Références bibliographiques

---

- Adeola S. A., Folorunso O. S. and Amisu K. O. Antimicrobial Activity of *Ocimum basilicum* and its Inhibition on the Characterized and Partially Purified Extracellular Protease of *Salmonella typhimurium*. Res. J. Biol. 2012; 2(5): 138-144.
- Adiguzel A., Gulluce M., Sengul M., Ogutcu H., Sahun F. and Karaman Ü. Antimicrobial Effects of *Ocimum basilicum* (Labiatae) Extract. Turk. J. Biol. 2005; 29: 155-160.
- Agarwal C., Sharma N. L. and Gaurav S. S. An analysis of Basil (*Ocimum* sp) to study the morphological variability. Indian. J. Fundamental. App. Life. Sciences. 2013; 3(3): 521-525.
- Al-Mashri A.Y., Khan M. M. and Khan H. S. Genetic diversity among omani basil (*Ocimum basilicum* L.) landraces using RAPD markers. J. Agric. Res. Dev. 2013; 3(6): 094-097.
- Ames B. N., Shigenaga M. K. and Hagen T. M. Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. Proc. Natl. Acad. Sci. (USA). 1993; 90: 7915-7922.
- Arabici O. and Bayram E. The effect of nitrogen and different plant density on some agronomic and technologic characteristic of *Ocimum basilicum* L. (Basil). Asian. Net. Sci. Inform. J. Agro. 2004; 3(4): 255-262.
- Arovic-Stanko K., Liber Z., Grdisa M., Kolaki I. and Šatovic Z. Synergistic Effects of Combining Morphological and Molecular Data in Resolving the Intraspecific Classification in *O. basilicum* L. Agric. Consp. Sci. 2010; 75(1): 33-37.
- Athamena S., Chalgheml I., Kassah-Laouar A., Laroui S. and Khebri S. Activité anti-oxydante et antimicrobienne d'extraits de *Cuminum cuminum* L. Leb. Sci. J. 2010; 11(1): 69-81.
- Ba K., Tine E., Destain J., Cissé N. and Thonart P. Etude comparative des composés phénoliques, du pouvoir antioxydant de différentes variétés de sorgho sénégalais et des enzymes amylolytiques de leur malt. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement. 2013; 17(4): 110-119.
- Baborun T. Substances naturelles actives: la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. Food. Agric. Res. Council. 1997:83-94.
- Baborun T., Gressier B., Trotin F., Brunete C., Dine T., Vasseur J., Gazin J. C., Pinkas M., Luycky M. and Gazin M. Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. Arzneimittel-Forschung. 1996; 46: 1086-1089.
- Barboni T. Contribution de méthodes de la chimie analytique à l'amélioration de la qualité de fruits et à la détermination de mécanismes (EGE) et de risques d'incendie. Thèse de Doctorat. Université de Corse. 2006.
- Barouki R. Stress oxydant et vieillissement. Médecine/Sciences. 2006; 3(22) 66-72.
- Baskin S. I. and Salem H. Oxidant, Antioxidant and Free Radicals. Academic. Press. Inc. 1994; (363): 25-62.
- Benedec D., Vlase L., Hanganu D. and Oniga I. Antioxidant potential and polyphenolic content of Romanian *Ocimum basilicum*. Nanomaterials and Biostructures. 2012; 7(3): 1263-1270.
- Bentabet N., Boucherit-Otmani Z. and Boucherit K. Composition chimique et activité antioxydante d'extraits organiques des racines de *Fredolia aretioides* de la région de Béchar en Algérie. Pharmacognosie. 2014: 1-8.
- Boizot N. and Charpentier J. P. Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Le Cahier des Techniques de l'Inra. 2006: 79-82.
- Bougandoura N. and Bendimerad N. Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta* (L.) Briq. Revue. Nature & Technologie. 2013; 09: 14-19.
- Bouhadjera K. Contribution à l'étude chimique et biologique de deux plantes médicinales sahariennes *Oudneya africana* R. et *Aristida pungens* L. Thèse de Doctorat. Université de Tlemcen. 2004.

## Références bibliographiques

---

- Bruneton J. Pharmacognosie, phytochimie des plantes médicinales, 3eme édition, Tec et Doc (ED). Paris. 1999: 658.
- Četković G. S., Čanadanović-Brunet J., Djilas S. M., Tumbas V. T., Markov S. L. and Cetković D. D. Antioxidant Potential, Lipid Peroxidation Inhibition and Antimicrobial Activities of *Satureja Montana* L. subsp. *Kitaibelii* Extracts. *Inter. J. Molec. Sci.* 2007; 8(10): 1013-1027.
- Clifford M. N. Chlorogenic acids and other cinnamates: nature, occurrence, dietary burden, absorption and metabolism. Malden, MA, USA. Wiley. 2000: 348.
- Dacosta E. Les phyto-nutriments bioactifs. Yves Dacosta (Ed). Paris. 2003: 317.
- D'Archivio M., Filesi C. and Di Benedetto R. Polyphenols, dietary sources and bioavailability. *Ann. Ist. Super. Sanita.* 2007; 43: 348-361.
- Darvesh, A. S., Carroll R. T. and Bishayee A. Oxidative stress and Alzheimer's disease: dietary polyphenols as potential therapeutic agents. *Expert. Rev. Neurother.* 2010; 10: 729-745.
- De Rijke E., Out P., Niessen W. M. A., Ariese F., Gooijer C. and Brinkman U. A. T. Analytical separation and detection methods for flavonoids. *J. Chromato.* 2006; 1112: 31-63.
- Diallo D., Sango R., Yasambou H., Traoré A., Coulibaly K. A. and Maiza A. Etude des constituants des feuilles de *Ziziphys mauritiana* Lam. (Rhamnaceae) utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali. *C. R. Chimie.* 2004; 7: 1073-1080.
- Dinanath D. P., Dnyandeo K. M. and Gurumeet C. W. Antibacterial and Antioxidant study of *Ocimum basilicum* Labiatae (sweet basil). *J. Adv. Pharm. Educ. Res.* 2011; 2: 104-112.
- Diplok, A. T. Antioxydant nutriments and disease prevention: an Overview. *Am. J. Clin. Nutr.* 1991; 53(1): 189S-93S.
- Dohou N., Yamni K., Gmira N. and Idrissi Hassani L. M. Etude de polyphénols des feuilles d'une endémique ibéro Marocaine, *Thymelaea lythroides*. *Acta Botanica Malacitana.* 2004; 29: 233-239.
- Druyne T. Condensed vegetable tannins: biodiversity in structure and biological activities. *Biochem. Syst. Ecol.* 1999; 27 (4): 445-59.
- Durackova Z., Djrolo F., Hougbe H., Avode G., Attoulou V., Addra B., Kodjoh N. and Avimadj M., Oxidants, Antioxydants and Oxidative stress. *Mitochondrial medicine.* Gvozdzjakova A (ed). 2008: 19-43.
- Etsuo N., Yasukazu Y., Yashiro S. and Noriko N. Lipid peroxidation: Mechanisms, inhibition, and biological effects. *Phytomedicine.* 2005: 4.
- Favier A. Stress oxydant et pathologies humaines. *Ann. Pharm. Françaises.* 2006; 64(6): 390-396.
- Fiorucci S. Activités biologiques de composés de la famille de flavonoïdes: Approches par des méthodes de chimie quantique et de dynamique moléculaire. Thèse de Doctorat. Nice. 2006: 211.
- Gardès-Albert M. and Jore D. Aspects physicochimiques des radicaux libres centrés sur l'oxygène. *Radicaux libres et stress oxydant.* Paris, Lavoisier. 2005: 1-23.
- Ghestem A., Seguin E., Paris M. and Orecchioni A. M. Le préparateur en pharmacie. Dossier 2, Botanique-Pharmacognosie-Phytothérapie-homéopathie. Tec. Doc. (Ed). 2001: 272.
- Gonzalez A. G. and Estevez-Braun A. Coumarins. *Nat. Prod. Reprod.* 1997; 14: 465-475.
- Goudable, J. and Favier A. Radicaux libres oxygénés et antioxydants. Laboratoire de Biochimie C, hôpital Edouard, Herriot, Lyon, GREPO. Université de Grenoble. La Tronche. 1997.
- Grek C. L. and Tew K. D. Redox metabolism and malignancy. *Curr. Opin. Pharmacol.* 2010; 10: 362-368.

## Références bibliographiques

---

- Guignard J. L. Abrégé de Biochimie végétale à l'usage des étudiants en pharmacie: Masson. Paris. 1974; 146-155.
- Guignard J. L. Abrégé de Biochimie végétale, Ed. Masson. Paris. 1996: 160.
- Guignard J. L. Biochimie végétale. Dunod, 2<sup>ème</sup> ed. Paris. 2006: 274.
- Gutteridge, J. M. Free radicals in disease processes: A compilation of cause and consequence. Free. Radic. Res. Commun. 1993; 19:141-158.
- Halliwell B. How to characterize a biological antioxidant. Free. Radic. Res. Commun. 1990; 9: 1-32.
- Halliwell B. Phagocyte-derived reactive species: Salvation or suicide. TRENDS in Biochem. Sci. 2006; 31(9): 509-15.
- Halliwell B. The wanderings of a free radical. Free. Radic. Biol. Med. 2009; 46: 531-542.
- Hartmann T. From waste products to ecochemicals: Fifty years research of plant secondary metabolism, Review. Phytochemistry. 2007; 68: 2831-2846.
- Herbert R. B. The Biosynthesis of secondary metabolites. 2<sup>ème</sup> ed. Chapman and Halle. 1989; 2: 11-15.
- Hirata T., Fujii M., Akita K., Yanaka N., Ogawa K., Kuroyanagi M. and Hongo D. Identification and physiological evaluation of the components from Citrus fruits as potential drugs for anti-corpulence and anticancer Bioorganic & Medicinal Chemistry. 2009; 17: 25-28.
- Igor Passi L. B. Etude des activités biologique de *Fagara zanthoxyloides*, lam (Rutaceae). Thèse de pharmacie. Université de Bamako. 2002: 133.
- Iranshahi M., Arfa P., Ramezani M., Jaafari M. R., Sadeghian H., Bassarello C., Piacente S. and Pizza C. Sesquiterpene, coumarins from *Ferula szowitziana* and *in vitro* anti-leishmanial activity of 7-prenyloxy coumarins against promastigotes. Phytochemistry. 2007; 68: 554-561.
- Ismail M. Central Properties and Chemical Composition of *Ocimum basilicum* Essential Oil. Pharm. Biol. 2006; 44(8): 619-626.
- Jacqueline B. Larousse Encyclopedie des plantes médicinales: Identification, Préparation, Soins. Encyclopédia of Médicinals Plant. 2<sup>ème</sup> ed. Paris. 2001; 335.
- Javanmardi J., Khalighi A., Kashi A., Bais H. P. and Vivanco J. M. Chemical Characterization of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Found in Local Accessions and Used in Traditional Medicines in Iran. J. Agric. Food. Chem. 2002; 50: 5878-5883.
- Kaddem S. E. Les plantes médicinales en Algérie. 1990: 34-35.
- Kalkhambkar R. G., Kulkarni G. M., Shivkumar H. and Rao R. N. Synthesis of novel triheterocyclic thiazoles as anti-inflammatory and analgesic agents. Eur. J. Med. Chem. 2007; 42: 1272-1276.
- Kanoun K. Contribution à l'étude phytochimique et activité antioxydante des extraits de *Myrtus communis* L. (Rayhane) de la région de Tlemcen (Honaine). Mémoire de mMgistère. Université de Tlemcen. 2010.
- Kansole M.M.R. Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de quelques lamiaceae du Burkina Faso: cas de *Leucas martinicensis* (Jacquin) R. Brown, *Hoslundia opposita* vahl et *Orthosiphon pallidus* royle ex benth. Mémoire pour obtenir un diplôme Diplôme d' Etudes Approfondies (D.E.A) en Sciences Biologiques Appliquées, Burkina Faso. 2009.
- Kaurinovic B., Popovic M., Vlasisavljevic S. and Trivic S. Antioxidant Capacity of *Ocimum basilicum* L. and *Origanum vulgare* L. Extracts. Molecules. 2011; 16: 7401-7414.
- Kehrer J. P. Free radicals as mediators of tissue injury and disease. Critical. Rev. Toxicol. 1993; 23(1): 21-48.

## Références bibliographiques

---

- Khababae K. and Van Ree T. Tannins: Classification and Definition. Nat. Prod. Rep. 2001; 18: 641-649.
- King A. and Young G. Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. J. Am. Diet. Assoc. 1999; 99: 213-218.
- Ko W. G., Kang T. H., Lee S. J., Kim N. Y., Kim Y. C., Sohn D. H. and Lee B. H. Polymethoxy flavonoids from *Vitex rotundifolia* inhibit proliferation by inducing apoptosis in human myeloid leukemia cells; Food. Chem. Toxicol. 2000; 38: 861-865.
- Kühnau J. The flavonoids. A class of semi-essential food components: their role in human nutrition. World. Rev. Nutr. Diet. 1976; 24: 117-191.
- Küpeli E., Erdemoğlu N., Yeşilada E. and Şener B. Anti-inflammatory and antinociceptive activity of taxoids and lignans from the heartwood of *Taxus baccata* L. Ethnopharmacol. 2003; 89: 265-270.
- Küpeli E. and Yesilada E. Flavonoids with anti-inflammatory and antinociceptive activity from *Cistus laurifolius* L. leaves through bioassay-guided procedures. Ethnopharmacol. 2007; 112: 524-530.
- Laib I. Etude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis*. Nat. Tec. 2012; 07: 44-52.
- Lee S. J., Katumi U., Takayuki S. and Lee K. G. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. Food. Chem. 2005; 91: 131-137.
- Lenoir L. Effet protecteur des polyphénols de la verveine odorante dans un modèle d'inflammation colique chez le rat. Thèse de Doctorat. Université d'Auvergne. Clermont-Ferrand. 2011.
- Li H.B., Cheng K.W., Wong C. C., Fan K.W., Chen F. and Tian Y. Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fraction of selected microalgae. Food. Chem. 2007; 102:771-776.
- Lindau-sehpard B. and Shaffer J. Expression of human catalase in acatalasemic murine SVB2 cells confers protection from oxidative damage, Free. Radic. Biol. Med. 1993; 15: 581-8.
- Lisu W., Jui-Hung Y., Hsiao-Ling L. and Ming-Jiuan W. Antioxydant effect of methanol extracts from Lotus Plumule and Blossom (*Nelumbo nucifera Gertn*), J. Food. Drug. Anal. 2003; 11(1): 60-66.
- Lubec G. The hydroxyl radical: from chemistry to human disease. J. Investig. Med. 1996; 44: 324-346.
- Macheix J. J., Fleuriet A. and Jay-Allemand C. Les composés phénoliques végétaux, un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne. 2005: 4-5.192. 1120.
- Mala B. *Ocimum* Taxonomy, medicinal potentialities and economic value of essential oil. J. Biosphere. 2012; 1: 48-50.
- Marfak A. Radiolyse gamma des flavonoïdes, étude de leur réactivité avec les radicaux libres issus des alcools: Formation de depsides. Thèse de Doctorat. Université de Limoges. 2003.
- Marouf A. and Reynaud J. La botanique de A à Z 1662 définitions. Belgique. 2008: 177-283.
- Martin S. and Andriantsitohaina R. Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium. Ann. Cardiol. Angéiol. 2002; 51: 304-315.
- Medić-Šarić M., Jasprica I., Smolčić-Bubalo A. and Monar A. Optimisation of chromatography of flavonoids and phenolic acids. Croatica Chemica ACTA. 2004; 77(1-2): 361-366.
- N'Guessan A. H. O., Déliko C. E. D., Mamyrbékova-Békro J. A. and Békro Y. A. Teneurs en composés phénoliques de 10 plantes médicinales employées dans la tradi-thérapie de l'hypertension artérielle, une pathologie émergente en Côte d'Ivoire. Rev. Gén. Indus. 2011; 6: 55-61.

## Références bibliographiques

---

- N'guessan K., Kaja B., Zirih Guédé N., Traoré D. and Aké-Assi L. Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d'Ivoire). *Sci. Nat.* 2009; 6(1): 1-15.
- Narayana K. R., Reddy M. S., Chaluvadi M. R. and Krishna D. R. Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. *Ind. J. Pharmacol.* 2001; 33: 2-16.
- Nicolosi R. J., Lawton C. W. and Wilson T. A. Vitamin E reduced plasma LDL-C, LDL oxidation, and early aortic atherosclerosis compared with black tea in hypercholesterolemic Hamsters. *Nutr. Res.* 1999; 19(8): 1201-1214.
- Ojeil A., El Darra N., El Hajj Y., Bou Mouncef P., Rizk T. J. and Maroun R. G. Identification et caractérisation de composés phénoliques extraits du raisin château ksara. *Leban. Sci. J.*, 2010; 11(2): 117-131.
- Ojo O. D., Adebayo O. S., Olaleye O. and Orkpeh U. Basil (*Ocimum basilicum*) Genetic Variability and Viral Disease Assessment in Nigeria. *Asian J. Agric. Sci.* 2012; 4(1): 1-4.
- Özcan M. and Chalchat J. C. Essential oil composition of *Ocimum basilicum* L. and *Ocimum minimum* L. in Turkey. *Czech. J. Food. Sci.* 2002; 20: 223-228.
- Paolini V., Dorchies P. H. and Hoste H. Effet des tanins condensés et des plantes à tanins sur les strongyloses gastro-intestinales chez le mouton et la chèvre. *Alter. Agric.* 2003: 17-19.
- Parage C. Génomique fonctionnelle de la biosynthèse des stilbènes chez la vigne (*Vitis vinifera*). Thèse de Doctorat. Université de Strasbourg. 2013.
- Phippen W. B. and Simon J. E. Anthocyanins in basil (*Ocimum basilicum* L.). *J. Agr. Food. Chem.* 1998; 46: 1734-1738.
- Phippen W. B. and Simon J. E. Anthocyanin inheritance and instability in purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *J. Hered.* 2000; 91: 289-296.
- Pitocco D., Zaccardi F. and Di Stasio E. Oxidative stress, nitric oxide, and diabetes. *Rev. Diabet. Stud.* 2010; 7: 15-25.
- Popovici C., Saykova I. and Tylkowski B. Evaluation de l'activité antioxydante des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. *Rev. Gén. Indus.* 2009; 4: 25-39.
- Quezel P. and Santa S. Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales. Centre National de la Recherche Scientifique CNRS. Tome II. Paris France. 1963: 788-789.
- Rajnerayanama K., Reddy M., Charluvadi M. R. and Krishna D. R. Bioflavonoids: Classification, pharmacological, biochemical effect and therapeutic potential. *Ind. J. Pharmacol.* 2001; 33: 2-16.
- Razavi S. M. A., Mortazavi S. A., Matia-Merino L., Hosseini-Parvar S. H., Motamedzadegan A., and Khanipour E. Optimisation study of gum extraction from Basil seeds (*Ocimum basilicum* L.). *Inter. J. Food. Sci. Tec.* 2009; 44: 1755-1762.
- Roessner A., Kuester D. and Malfertheiner P. Oxidative stress in ulcerative colitis-associated carcinogenesis. *Pathol. Res. Pract.* 2008; 204: 511-524.
- Sakr S. A. and Al-Amoudi W. M. Effect of leave extract of *Ocimum basilicum* on delta-methrin induced nephrotoxicity and oxidative stress in albino rats. *J. Appl. Pharm. Sci.* 2012; 02 (05): 22-27.
- Sanchez-Moreno C., Larrauri J. A. and Saura-Calixto F. A. Procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Sci. Food. Agr.* 1998; 76: 270.
- Sarni-Manchado P. and Cheynier V. Les polyphénols en agroalimentaire. Ed Lavoisier. 2006: 2-10.
- Sasaki K. and Takahashi T. A. Flavonoid from *Brassica rapa* flower as the UV-absorbing nectar guide. *Phytochem.* 2002; 61(3): 339-43.

## Références bibliographiques

---

- Sauvain M., Kunesch N., Poisson J., Gantier J. C., Gayral P. and Dedet J. P. Isolation of leishmanicidal triterpenes and lignans from the Amazonian liana *Doliocarpus dentatus* (Dilleniaceae). *Phytother. Res.* 1996; 10: 1-4.
- Schiestl F. P., Ayasse M, Paulus H. F, Löfstedt C, Hansson B. S, Ibarra F. and Francke W. Sex pheromone mimicry in the early spider orchid (*Ophrys sphegodes*): patterns of hydrocarbons as the key mechanism for pollination by sexual deception. *J. Comp. Physiol. Sensory. Neural. Behav. Physiol.* 2000; 186 (6): 567-74.
- Schwarz H., Liebhard P., Ehrendorfer K. and Ruckenbauer P. Potential growth and biomass productivity of *Miscanthus giganteus* as affected by plant density and N-fertilization in central Greece. *Biomass. Bioenergy.* 2007; 31: 145-152.
- Silva O., Duarte A., Pimentel M., Viegas S., Barroso H., Machado J., Pires I., Cabrita J. and Gomes E. Antimicrobial activity of *Terminalia macroptera* root. *J. Ethnopharmacol.* 1997; 57: 203-207.
- Stalikas C. D. Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Rev. J. Sep. Sci.* 2007; 30: 3268-3295.
- Tapiero H., Tew K. D., Nguyen B. G. and Mathé G. Poly phenol: do they play a role in the prevention of human pathologies? *Biomed. Pharmacother.* 2002; 56: 200-207.
- Telli A., Mahboub N., Boudjeh S., Siboukeur O. E. K. and Moulti-mati F. Optimisation des conditions d'extraction des polyphénols de dattes lyophilisées (*Phoenix dactylifera* L.) variété ghars. *Ann. Sci. Technol.* 2010; 2 (2): 107-114.
- Tomas-Barberan F. A. and Clifford M. N. Dietary hydroxybenzoic acid derivatives: nature, occurrence and dietary burden. *J. Sci. Food. Agric.* 2000; 80: 1024-1032.
- Unnithan C. R., Dagnaw W., Undrala S. and Subban R. Chemical Composition and Antibacterial activity of Essential oil of *Ocimum basilicum* of Northern Ethiopia. *Int. Res. J. Biol. Sci.* 2013; 2(9): 1-4.
- Uno K. and Nicholls S. J. Biomarkers of inflammation and oxidative stress in atherosclerosis. *Biomark Med.* 2010; 4: 361-373.
- Urquiaga I. and Leighton F. Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biol. Res.* 2000; 33(2): 55-64.
- Valko M., Leibfritz D., Moncol J., Cronin M. T. D., Mazur M. and Telser J. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Inter. J. Biochem. Cell Biol.* 2007; 39: 44-84.
- Valko M., Rhodes C. J. and Moncol J. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chem. Biol. Interact.* 2006; 160: 1-40.
- Verhoeven M. E., Bovy A., Collins G., Muir S., Robinson S., De Vos C. H. R. and Colliver S. Increasing antioxidant levels in tomatoes through modification of the flavonoid biosynthesis pathway. *J. Exper. Botan.* 2002; 53(377): 209-210.
- Wollgast J. and Anklam E. Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food. Res. Inter.* 2000; 33: 423-447.

## Annexe

**Tableau 1.** Enquête ethno-pharmacologique sur les propriétés biologiques et le mode d'emploi d'*Ocimum basilicum* L. dans la région de M'sila. (Age des herboristes compris entre 30 et 55 ans).

Herboriste	Expérience (années)	Propriétés	Mode d'emploi
1	21	<ul style="list-style-type: none"><li>- Epice.</li><li>- Arôme pour les aliments.</li><li>- Eloigne les moustiques.</li><li>- Digestif.</li><li>- Stomachique.</li><li>- Anti-inflammatoire.</li><li>- Tonique.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Poudre.</li><li>- Feuilles fraîches et sèches.</li><li>- Infusion.</li><li>- Décoction.</li></ul>
2	12	<ul style="list-style-type: none"><li>- Stomachique.</li><li>- Anti-inflammatoire.</li><li>- Analgésique.</li><li>- Hypotenseur.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Infusion.</li><li>- Macération.</li><li>- Décoction.</li></ul>
3	19	<ul style="list-style-type: none"><li>- Analgésique et Soignerait la stérilité chez la femme.</li><li>- Stimulant.</li><li>- Digestif.</li><li>- Stomachique.</li><li>- Antispasmodique.</li><li>- Sédatif.</li><li>- Calmant des irritations cutanées et les dermatoses.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Feuilles fraîches.</li><li>- Macération.</li><li>- Décoction.</li><li>- Huile.</li></ul>
4	35	<ul style="list-style-type: none"><li>- Digestif.</li><li>- Stomachique.</li><li>- Hypoglycémiant.</li><li>- Antispasmodique.</li><li>- Analgésique.</li><li>- Hypotenseur.</li><li>- Antipyrétique</li><li>- Relaxant.</li><li>- Anti-inflammatoire.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Infusion.</li><li>- Macération.</li><li>- Décoction.</li><li>- Huile.</li></ul>
5	15	<ul style="list-style-type: none"><li>- Epice.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Poudre.</li></ul>

## Annexe

---

		<ul style="list-style-type: none"><li>- Arôme dans une grande variété d'aliments.</li><li>- Tonique.</li><li>- Stomachique.</li><li>- Sédatif.</li><li>- Eloigne les insectes.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Feuilles fraîches et sèches.</li><li>- Infusion.</li><li>- Décoction.</li><li>- Huile.</li></ul>
6	5	<ul style="list-style-type: none"><li>- Digestif.</li><li>- Anti-inflammatoire.</li><li>- Relaxant.</li><li>- Stomachique.</li><li>- Diurétique.</li><li>- Favorise la montée du lait.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Infusion.</li><li>- Décoction.</li></ul>
7	19	<ul style="list-style-type: none"><li>- Stomachique.</li><li>- Digestif.</li><li>- Traitement de l'acné et les infections de la peau.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Décoction.</li><li>- Poudre.</li><li>- Huile.</li></ul>
8	10	<ul style="list-style-type: none"><li>- Anti-rhume.</li><li>- Antiseptique.</li><li>- Stomachique.</li><li>- Apéritif.</li><li>- Digestif.</li><li>- Eloigne les insectes.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Infusion.</li><li>- Décoction.</li><li>- Plante fraîche.</li></ul>
9	4	<ul style="list-style-type: none"><li>- Relaxant.</li><li>- Sédatif.</li><li>- Tonique.</li><li>- Digestif.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Infusion.</li><li>- Décoction.</li></ul>
10	27	<ul style="list-style-type: none"><li>- Relaxant.</li><li>- Antiseptique.</li><li>- Diurétique.</li><li>- Décoratif.</li><li>- Vermifuge.</li><li>- Eloigne les moustiques.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Décoction.</li><li>- Infusion.</li><li>- Plante fraîche.</li></ul>
11	5	<ul style="list-style-type: none"><li>- Hypotenseur.</li><li>- Stimulant.</li><li>- Antivieillessement.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Infusion.</li><li>- Décoction.</li><li>- Feuilles sèches.</li></ul>

## Annexe

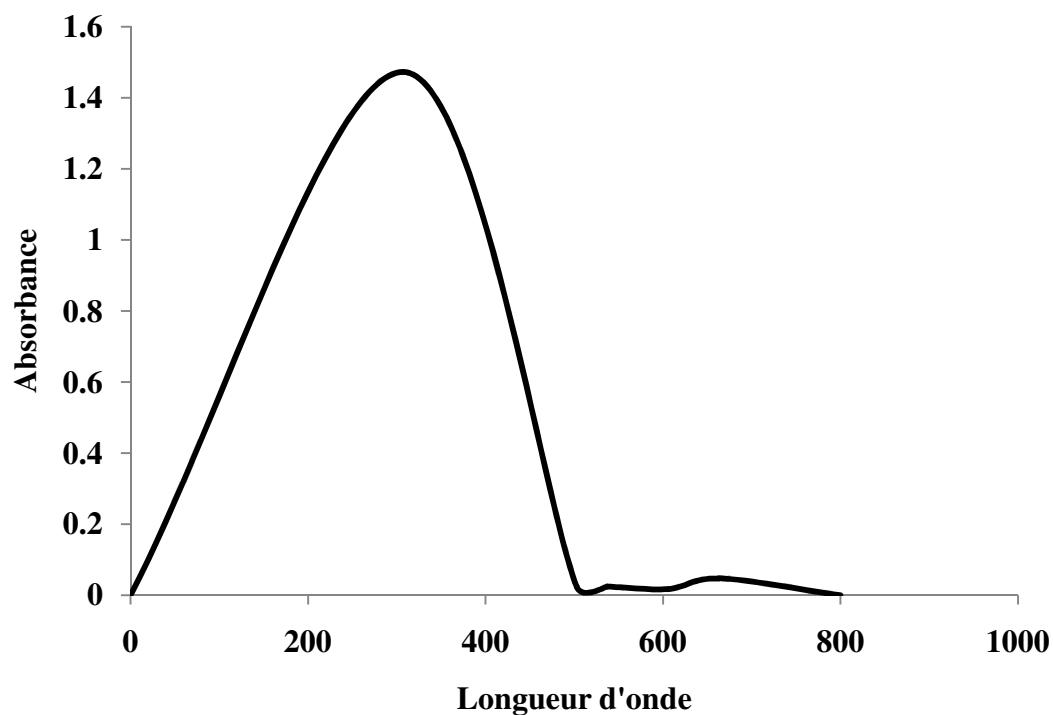
---

		- Epice.	
12	12	- Digestif. - Sédatif. - Anti-inflammatoire. - Diurétique. - Stomachique.	- Infusion. - Décoction.
13	19	- Epice. - Décoratif. - Antidépresseur. - Antiseptique. - Anti-constipation. - Analgésique. - Améliorer la fonction respiratoire.	- Poudre. - Infusion. - Décoction. - Huile.
14	3	- Hypoglycémiant. - Anti-rhume. - Sédatif. - Antigrippe.	- Infusion. - Décoction.
15	8	- Traitement de l'acné et les infections de la peau. - Antirhumatismal. - Antichute de cheveux. - Digestif.	- Poudre. - Compresse. - Huile. - Décoction.
16	13	- Digestif. - Sédatif. - Diurétique. - Traitement de l'acné et les infections de la peau.	- Décoction. - Infusion. - Poudre. - Huile.
17	3	- Epice. - Arome pour les aliments.	- Plante sèche ou fraîche.
18	10	- Stomachique. - Digestif.	- Infusion. - Décoction.

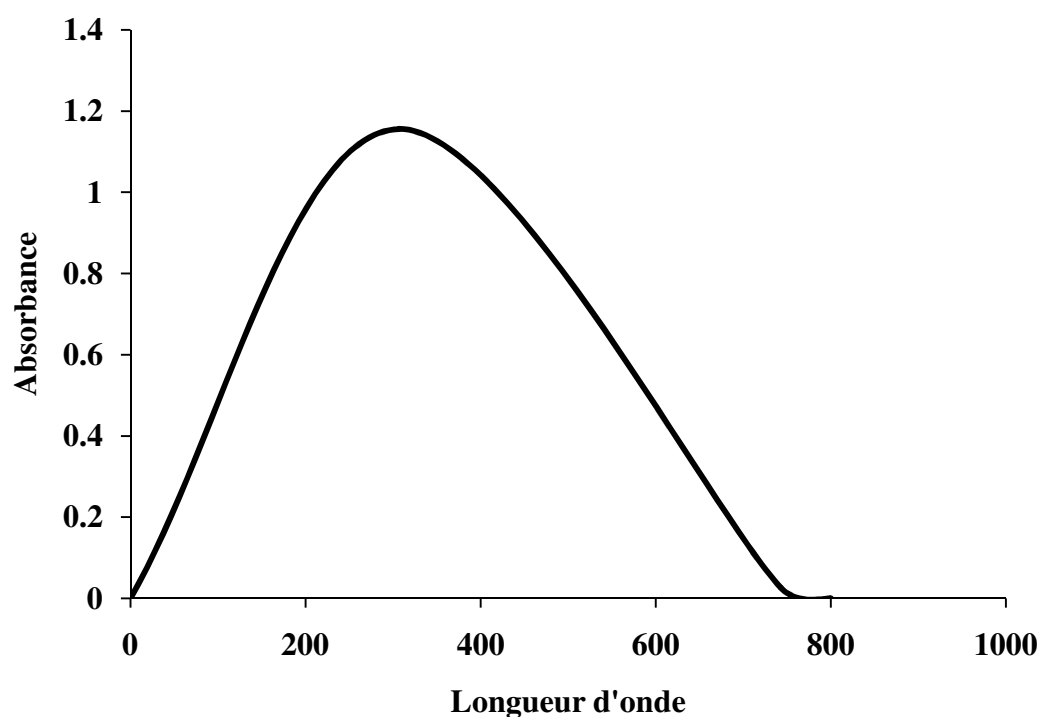
## Annexe

---

19	15	<ul style="list-style-type: none"><li>- Décoratif.</li><li>- Éloigne les mouches.</li><li>- Epice.</li><li>- Anti-vomissement.</li><li>- Stomachique.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Plante fraîche.</li><li>- Poudre.</li><li>- Infusion.</li><li>- Décoction.</li></ul>
20	19	<ul style="list-style-type: none"><li>- Stomachique.</li><li>- Relaxant.</li><li>- Digestif.</li><li>- Sédatif.</li><li>- Anti-rhume.</li><li>- Traitement de l'acné et les infections de la peau.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Décoction.</li><li>- Huile.</li></ul>
21	3	<ul style="list-style-type: none"><li>- Epice.</li><li>- Décoratif.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Poudre.</li><li>- Plante fraîche.</li></ul>
22	18	<ul style="list-style-type: none"><li>- Stomachique.</li><li>- Digestif.</li><li>- Diurétique.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Infusion.</li><li>- Décoction.</li></ul>
23	13	<ul style="list-style-type: none"><li>- Arome pour les aliments.</li><li>- Digestif.</li><li>- Relaxant.</li><li>- Anti-vomissement.</li><li>- Sédatif.</li><li>- Apéritif.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Feuilles fraîches.</li><li>- Infusion.</li><li>- Décoction.</li></ul>
24	30	<ul style="list-style-type: none"><li>- Antirhumatismal.</li><li>- Anti-rhume.</li><li>- Relaxant</li><li>- Hypoglycémiant.</li><li>- Anti-inflammatoire.</li><li>- Diurétique.</li><li>- Eloigne les insectes.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Compresse.</li><li>- Huile.</li><li>- Décoction.</li><li>- Plante fraîche.</li></ul>



**Figure 1:** Spectre d'absorption de l'extrait méthanolique ( $\lambda=190$  nm - 800 nm).



**Figure 2:** Spectre d'absorption de l'extrait aqueux ( $\lambda=190$  nm - 800 nm).

## Glossaire

---

- **Anti-inflammatoire:** Médicament utilisé dans le traitement local de l'inflammation ou le traitement général des maladies inflammatoires.
- **Antiseptique:** Produit utilisé pour lutter contre les germes de la peau et des muqueuses.
- **Antispasmodique:** Substance utilisée dans le traitement des spasmes musculaires.
- **Apéritif:** Substance a la capacité de stimuler l'appétit.
- **Dermatose:** Maladie de peau.
- **Diurétique:** Substance qui augmente la diurèse.
- **Hypoglycémiant:** Substance capable de diminuer le taux de glucose dans le sang (glycémie).
- **Hypotenseur:** Substance qui diminue la tension artérielle.
- **Sédatif:** Substance qui agit contre la douleur, l'anxiété, l'insomnie ou qui modère l'activité d'un organe.
- **Stimulant:** Substance qui a un effet favorable sur le fonctionnement de certains organes et qui active les fonctions psychiques.
- **Stomachique:** Médicament qui favorise le fonctionnement normal de l'estomac.
- **Tonique:** Substance qui reconstitue les forces vitales de l'organisme ou d'une fonction.
- **Vermifuge:** Substance qui expulse les vers de l'intestin.