

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

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE: DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE  
NATURE ET DE LA VIE

N° : .....



DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET  
DE LA VIE

FILIERE : BIOTECHNOLOGIE VÉGÉTAL

OPTION : BIOTECHNOLOGIE VEGETALE

Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique

Par : BOUDILMI Imane

BOUDILMI Samra

Intitulé

**Substances Naturelles Végétales Et  
Activités Biologiques D'une Lamiaceae**

Soutenu devant le jury composé de :


Dr. BISKI Mohammed	MB	Université M'SILA	Président
Dr. BELKASSAM Abdelwahab	MB	Université M'SILA	Rapporteur
Dr. HADJI Abbas	MB	Université M'SILA	Examineur

*Année universitaire : 2020 / 2021*




# *Dédicace*

*Je dédie cet humble travail à ma mère, qui m'a encouragé et soutenu tout au long de mon parcours universitaire, à mon père, que Dieu ait pitié de lui. A ma moitié irremplaçable, ma soeur Zenab et son mari Abd al-Wahhab. A mon oncle maternel Said et Saber et sa femme. Je le dédie également à toutes mes tantes, mes tantes, leurs enfants et leurs maris, à mon grand-père et ma grand-mère , en particulier Duaa, Said, Youssef, et toutes les familles geurra et Boudilmi. Imane*



# *Dédicace*



*Je dédie ce travail à ma mère, qui m'entoure d'amour et de tendresse et qui fait tout pour ma réussite, que Dieu la préservé.*

*A celle qui m'a fourni de nobles principes et de bonnes mœurs à toi, mon père, que Dieu te protège et prolonge ta vie.*

*tous mes frères et sœurs : Saleh, Amar, Muhammad, Somaia, Hasina, Mouna, et à leurs enfants, que Dieu les guide tous. A chaque membre de la famille Boudilmi et Ben Maatouk.*

- *Et à l'honorable professeur Belkassam Abdelwahab.*

*Et à ma chère amie Samra Boudilmi*



---

## *Remerciement*

*Tout d'abord, nous voulons remercier le bon Dieu de lui avoir donné la force et le courage de faire cet humble travail pour arriver à ce jour.*

*Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements et nos plus sincères remerciements à notre directeur de thèse, le Dr Belkassam Abdel-Wahab qui a su, à sa manière, nous conseiller et nous guider tout au long de la réalisation de ce travail. Accorde-nous la force, le courage et la patience pour terminer ce journal.*

*Nous adressons nos sincères remerciements au Dr Biskari Mohamed, professeur à l'Université Mohamed Boudiaf, pour l'avoir accepté comme président du jury.*

*Nous adressons également nos sincères remerciements au Dr Haji Mohamed, professeur à l'Université Mohamed Boudiaf, pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant l'étude de ce résumé.*



## Résumé

La famille les lamiacées compte environ 6000 espèces et elle est largement répandue en Algérie. Elle a la forme des lèvres et est classée dans la Angiospermes. dicotylédone de l'ordre lamiale, qui sont des plantes méditerranéennes car caractérisées par plusieurs activités biologiques. Elle peut être dit que la famille lamiaceae est efficace dans de nombreux domaines, notamment (domaines médical, industriel et culinaire).

Des études chimiques antérieures sur les espèces de lavandula, de thymus et de menthe ont montré la production d'un grand nombre d'huiles essentielles et de composés phénoliques (flavonoïdes, tanin et coumarine) qui sont utilisés dans les cas les plus critiques, la comparaison de ces espèces de différentes régions a montré des variations quantitatives et qualitatives, ce qui les rend différentes en termes d'efficacité chez les antioxydants, les bactéries et les champignons.

**Mots clés :** substances naturelles . activités biologiques. la Famille lamiacées

## **Abstract:**

The lamiacées family comprises about 6000 species and it is widely distributed in Algeria. It has the shape of the lips and is classified in the Angiosperms. dicotyledonous of the lamial order, which are Mediterranean plants because they are characterized by several biological activities. It can be said that the lamiaceae family is effective in many fields including (medical, industrial and culinary fields).

Previous chemical studies on lavandula, thymus and mint species have shown the production of a large number of essential oils and phenolic compounds (flavonoid, tanin and coumarin) that are used in most critical cases, comparing these species from different regions has shown quantitative and qualitative variation, making them different in effectiveness in antioxidants, bacteria and fungi.

**Key words :** natural substances. biological activities. the Lamiaceae Family.

## **ملخص:**

عائلة الشفويات تشمل حوالي (6000) صنف وهي تنتشر بكثرة في الجزائر لها شكل الشفاه وتصنف ضمن كسيات البذور ثنائية الفلقة من رتبة lamiale وهي عبارة عن نباتات البحر الأبيض المتوسط كما أنها تمتاز بعدة أنشطة بيولوجية تهدف هذه الدراسة لمعرفة الأنشطة البيولوجية وكذا الموارد الطبيعية للعائلة الشفوية من خلال النتائج المتحصل عليها يمكن القول بأن العائلة الشفوية فعالة في الكثير من المجالات خاصة منها (الطبية والصناعة وكذا مجال الطهي).

كما أظهرت الدراسات الكيميائية السابقة على أنواع اللافاندولا والغدة الصعترية والنعناع على إنتاج عدد كبير من الزيوت الأساسية والمركبات الفينولية (الفلافونويد والعفص والكومارين) التي تستخدم في معظم الحالات الحرجة، حيث أظهرت مقارنة هذه الأنواع من مختلف المناطق على وجود اختلاف كمي ونوعي مما يجعلها تختلف من حيث فعالية في المضادة للأوكسدة والبكتيريا والفطريات

**الكلمات المفتاحية:** الموارد الطبيعية. الأنشطة البيولوجية. العائلة الشفوية.

## *Liste des abréviations*

*Mr: mentha rotundifolia*

*Ms :mentha spicata.*

*Gram+: gram positive*

*Gram-: gram négative*

*IC50 : Concentration inhibitrice de 50 %*

*HE : Huile Essentielle*

*mg/ml: milligramme/millilitre*

*Tf: thymus fontanesii*

*Tn: thymus numidicus*

*IK: indice de kováts*

*ADN: acide désoxyribonucléique*

*E.col:Escherichiacoli.*

*Ld:lavandula dentata*

*Lp:lavandulapedunculata*

*Cm: centimètre*

*‰: pourcentage*

*CCM: chromatographie sur couche mince*

*CG/sm: chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrometrie*

*Ug: microgramme*

*V: volume*

*ATB: antibiotique.*

# Sommaire

Dédicace	
Remerciement	
Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction .....	1
<b>Chapitre I : Présentations de la famille lamiaceae</b>	
1. Etude botanique : .....	4
1.1. Famille de lamiacées .....	4
1.2. Description botanique de la famille .....	4
1.3. Distribution géographique des lamiacées .....	5
1.4. La classification de la famille des lamiacées .....	6
1.5. Intérêts Economiques des Lamiacées .....	10
<b>Chapitre II : métabolisme secondaire</b>	
1. Introduction .....	12
2. Classification des métabolites secondaires .....	12
2.1. Les alcaloïdes .....	13
2.1.1. Définition .....	13
2.1.2. Réparation .....	13
2.1.3. Localisation .....	14
2.1.4. Propriétés physiques .....	14
2.1.5. Biosynthèse des alcaloïdes .....	15
2.1.6. Rôle physiologiques des alcaloïdes .....	16
2.2. Composés phénoliques .....	17
2.2.1. Définition .....	17
2.2.2. Réparation et localisation .....	18
2.2.3. Classification .....	18
2.2.4. Biosynthèse des composés phénoliques .....	24
2.2.5. Intérêt des composés phénoliques .....	25
2.3. Les huiles essentielles .....	26

2.3.1.	Définition.....	26
2.3.2.	Répartition et localisation des huiles essentielles dans la plante .....	27
2.3.3.	Propriétés physiques des HE .....	28
2.3.4.	Biosynthèse.....	29
2.3.5.	Rôle physiologique compose phénoliques .....	31

### Chapitre III : Activité biologique

1.	Activité antioxydant.....	33
1.1.	Les radicaux libres.....	33
1.	Définition des radicaux libres.....	33
2.	Classification des radicaux libres .....	33
3.	Principe sources de production des radicaux libres .....	34
4.	Rôle des radicaux libres chez les plantes.....	37
1.2.	Stress oxydatif.....	37
1.2.1.	Définition de stress oxydatif .....	37
1.2.2.	Le stress oxydatif et son origine .....	38
1.3.	Antioxydant.....	39
1.3.1.	Définition d'antioxydant.....	39
1.3.2.	Origine ou sources des antioxydants .....	39
2.	Activité antibactérienne.....	42
2.1.	Définition.....	42
2.2.	Structures de la cellule bactérienne.....	43
2.3.	Description des bactéries étudiées .....	45

### Chapitre IV : activités biologiques des substance naturelle végétales isolés des quelques espèce

1.	Lavanadula: .....	48
1.1.	Classification .....	48
1.2.	Criblage phytochimique. ....	49
1.3.	Activité antifongiques .....	50
1.4.	Activité antibactérienne.....	50
2.	Genre: Thymus. ....	51
2.1.	Clasification.....	51
2.2.	Composition chimique .....	52
2.3.	Activité antibactérienne.....	53
3.	Le genre Mentha. ....	54
3.1.	Classification. ....	54
3.2.	Composition chimiques : .....	54

<b>3.3. Activité antioxydant Menthe:</b> .....	<b>56</b>
<b>3.4. Activité antibactérienne</b> .....	<b>56</b>
<b>Conclusion</b> .....	<b>59</b>
<b><i>Références bibliographiques</i></b> .....	<b>61</b>

## *Liste des tableaux*

<b>LISTELISTE DE TABLEAU</b>	<b>page</b>
Tableau 01: lise de quelque genre de la famille lamiacées	<b>07</b>
Tableau (02): Les principales classes de composés phénoliques	<b>17</b>
Le tableau03: suivant montre quelques principaux antioxydants enzymatiques et non Enzymatiques.	<b>39</b>
Tableau 04 : Résultats du screening phytochimique des deux espèces de lavande étudiée.	<b>49</b>
Tableau 05 : l'activité antibactérienne de l'huile essentielle les deux espèces	<b>50</b>
Tableau 06 : Activité antioxydant (%) évaluée par le radical DPPH de HE	<b>55</b>
Tableau 07. Diamètres des zones d'inhibitions.	<b>57</b>

## *Liste des figures*

<b>LISTE DE FIGURE</b>	<b>page</b>
Figure1: Les caractéristiques morphologiques d'une Lamiacée )	<b>05</b>
Figure2: tige de famille lamiacées	<b>05</b>
Figure3:feuilles de famille lamiacées.	<b>06</b>
Figure4: Répartition géographique de la famille des lamiacées dans le monde entier.	<b>14</b>
Figure5: colchicine (liliacées).	<b>14</b>
Figure 6: Tetrodotoxine (Poisson)	<b>14</b>
Figure 7: pilocarpine ( Rutacées)	<b>14</b>
Figure 8: Ergot de seigle	<b>14</b>
Figure 9: pyocyanine	<b>16</b>
Figure 10 : Biosynthèse des alcaloïdes.	<b>19</b>
Figure 11: Squelette de base des flavonoïdes	<b>20</b>
Figure 12 : Structure des tannins	<b>22</b>
Figure13 : coumarines	<b>23</b>
Figure14 : les types des coumarines	<b>25</b>
Figure 15 : Représentation des voies de biosynthèse des polyphénols	<b>27</b>
Figure 16: les Organes riches en huiles essentielles chez certaines plantes	<b>28</b>
Figure 17: cellules épidermiques à HE.	<b>28</b>
Figure 18: poilssécréteurs	<b>28</b>

Figure 19: un canal sécréteur	<b>29</b>
Figure20: Quelques organes sécréteurs d'huiles essentielles	<b>30</b>
Figure 21:Schéma général de la biosynthèse des terpènes.	<b>33</b>
Figure22 : Schéma général de la biosynthèse des terpènes par la voix du méthylérytiritol phosphate.	<b>34</b>
Figure 23: Neutralisation d'un radical libre par un antioxydan	<b>35</b>
Figure 24: Origine des radicaux libres	<b>36</b>
Figure 25: Chaîne de transport d'électrons et production de ROS dans les mitochondries	<b>38</b>
Figure 26: Les voies catalysées par la xanthine oxydase	<b>38</b>
Figure 27: Action des antioxydants au cours du métabolisme des dérivés réactifs de l'oxygène	<b>40</b>
Figure 28: Les origines des espèces réactives	<b>42</b>
Figure29 : D'action des antioxydants au cours des métabolismes des dérivés réactifs de l'oxygène	<b>43</b>
Figure 30: structure des bactéries	<b>44</b>
Figure 31 : Structure moléculaire de la paroi des Gram négatives et positives	<b>45</b>
Figure 32: Structure de la membrane cytoplasmique bactérienne.	<b>48</b>
Figure 33: : Structure du flagelle de bactéries Gram négative s et positives	
Figure 34: <i>Lavandula dentata L.</i>	<b>48</b>
Figure 35: <i>Lavandulapedunculata L</i>	
Figure 36: Représentation graphique de la Pourcentage d'inhibition.	<b>50</b>
Figure 37: <i>Thymus numidicus L</i>	
Figure 38: <i>Thymus Fontanesii</i>	<b>51</b>
Figure 39: le composant majoritaire des HE du T. Numidicus	
Figure 40: le composant majoritaire des HE du T. Fontanesii.	<b>51</b>
Figure 41: représentation des graphiques d'activité antibactérienne des HE du deux espèce	<b>52</b>
Figure42 : <i>Mentha spicata L</i>	<b>52</b>
Figure 43: <i>Mentha rotundifolia L</i>	<b>53</b>
Figure 44: composition des HE d'espèceM. Rotundifoli	<b>54</b>
Figure 45: composition des HE d'espèce M.spicata	<b>55</b>



*I*ntroduction

### **Introduction**

Les plantes médicinales sont une source importante pour la recherche pharmacologique et l'élaboration des médicaments, non seulement lorsque leurs constituants sont utilisés directement comme agents thérapeutiques, mais aussi comme matières premières pour la synthèse des médicaments. Les infections microbiennes quant à elles, demeurent des affections graves et leur fréquence nécessite d'augmenter. Par ailleurs, l'usage extensif des antibiotiques dans la médication humaine et dans l'élevage des animaux a conduit à la sélection des souches microbiennes résistantes. Ce phénomène de résistance des bactéries aux antibiotiques se développe de plus en plus de manière quasi universelle, et il est devenu donc primordial d'orienter les recherches vers des agents thérapeutiques efficaces et avec le moins d'effets secondaires possible. Cependant, les extraits issus des végétaux commencent à avoir beaucoup d'intérêts comme source potentielle de molécules naturelles bioactives. Elles font l'objet de multiples études pour leur éventuelle utilisation comme alternative dans le traitement des maladies infectieuses. On a déduit aussi d'après des travaux de recherche que certaines plantes ont des effets antibactériens, antifongiques et mêmes antiviraux assez puissants. Parmi ces plantes,..appartenant à la famille des Labiées (Lamiaceae). La famille des

Lamiaceae comprend près de 200 genres dont la plupart ont une importance économique due à leur production d'huiles essentielles. Des études biologiques d'huiles essentielles d'espèces du genre *Thymus* ont montré leurs activités, anti-microbiennes, anti-inflammatoires, en plus de leurs utilisations en cosmétique et en agro-alimentaire . L'Algérie est l'un des pays les plus riches en variétés d'espèces du Thym qui est la plante la plus utilisée en médecine traditionnelle comme expectorant, antispasmodique, anti-tussif, etc... Un très grand nombre de genres de la famille des Lamiaceae sont des sources riches en terpénoides, flavonoides et iridoïdesglycosylés. Le genre *Phlomis*, comptant près de 100 espèces, est particulièrement riche en flavonoides, phényléthanoïdes, phénylpropanoïdes et en iridoïdesglycosylés. Le genre *Salvia* (sauge), comprenant près de 900 espèces, majoritairement distribuées au Mexique, en Chine et en Turquie, est plus riche en diterpénoides. Les sauges chinoises, *S. przewalski* et *S. miltiorrhiza*, communément appelée "Danshen" sont très utilisées en Chine, pays où la phytothérapie fait bon ménage avec la médecine, pour traiter certains cancers. Les espèces, chinoise *S. prionitis*, et turque *S. multicaulis* , sont connues pour leur activité anti-tuberculeuse. Depuis des millénaires, le genre *Phlomis* est utilisé en médecine traditionnelle turque et chinoise comme stimulant, tonique sédatif et cicatrisant. plus des flavonoides très connus pour leurs activités biologiques, les phényléthanoïdes, principaux métabolites secondaires du *Phlomis*; ont des effets

immunosuppresseurs , cytotoxique et cytostatique, anti-inflammatoire, antinociceptif, antimicrobien etc.... Les iridoïdesglycoisides, autres métabolites secondaires importants de ce genre, possèdent des activités biologiques diverses; ils peuvent être cholérétiques, purgatifs, hépato-protecteurs, vaso-constricteurs, anti-microbiens, analgésiques, anti-tumoraux, sédatifs et anti-inflammatoires. Qu'est-ce que la famille Lamiaceae ? Quelles sont les ressources végétales naturelles et les activités biologiques de la famille Lamiaceae .

Quelle est la relation entre les activités biologiques des ressources naturelles de la famille Lamiaceae ?

*Chapitre I:*  
*Présentations de la famille*  
*lamiaceae*

## **1. Etude botanique :**

### **1.1. Famille de lamiacées**

La famille des lamiaceae (labiées) du latin labié (lèvre) signifiant que les fleurs ont une forme caractéristique à deux lèvres (Turcati, 2014). Est une famille importante appartenant aux angiospermes dicotylédones (Boulade,2018) qui comprend près de 6000 espèce répartie en 236 genres plus ou moins cosmopolites (Carovic\_stanko et al,2016) mais particulièrement répandues depuis le Bassin méditerranéen jusqu'en Asie centrale (Botineau, 2010 ; Martin, 2014).

Dans la flore de l'Algérie, les lamiaceae sont représentées par 28 genres et 146 espèces, certains genres sont de détermination délicate en raison de la variabilité extrême des espèces (Quezel et Santa, 1962).

La famille des lamiacées est l'une des plus répandues dans le règne végétal (Naghibi et al, 2005). Elle est divisée en sept sous-famille: *Ajugoideae*, *Lamioideae*, *Nepetoideae*, *Prostantheroidea*, *Scutellarioideae*, *Symphorematoideae* et *Viticoideae* (Ronat, 2001). Un très grand nombre de genres de la famille lamiaceae sont riches en huiles essentielles, ce qui leur confère une importance économique et thérapeutique mais aussi, en composés phénoliques, tannins, flavonoïdes, iridoïdes glycolysés, quinones, coumarines, terpénoïdes, saponines et dans certains cas, des pyridines et des alcaloïdes pyrrolidiniques (Kuklinski, 2000; Naghibi et al, 2005).

### **1.2. Description botanique de la famille**

Plante herbacées, annuelle ou vivaces aromatiques, des sous-arbrisseaux et rarement des arbres :

- **Appareil végétatif.**
  - Les tiges : sont généralement quadrangulaires.
  - Les feuille : généralement simple, opposées et sans stipules.
  - Les racines :pivotantes ramifiées. (Quezel et Santa, 1963).
- **Appareil reproducteur**
  - Les inflorescences : groupées autour de l'axe et dans un même plan.
  - Les fleurs :sont hermaphrodites zygomorphes.
  - La corolle est souvent à deux lèvres, le calice bilabié formé de 5 sépales soudés.
  - L'androcée possède 4 étamines dont deux sont longues et deux sont courtes.
  - Le gynécée comporte deux carpelles soudés, chacune contenant un ovule.
  - Formule florale :  $5S+5P+4^E+2C$ .

- Le fruit : enveloppé par le calice, il formé par 4 nucules contenant chacune 1 graine peu ou pas d'albuminée.(Abedini, 2013).

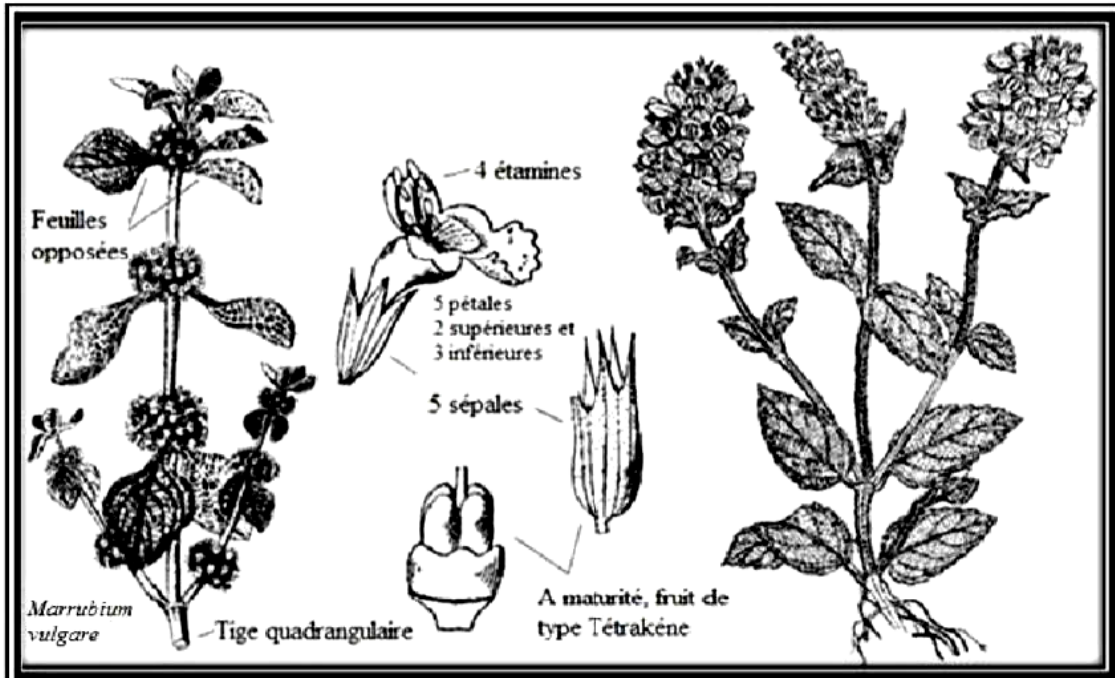


Figure I. ( 1) : Les caractéristiques morphologiques d'une Lamiacée (Adjoudj, 2018).



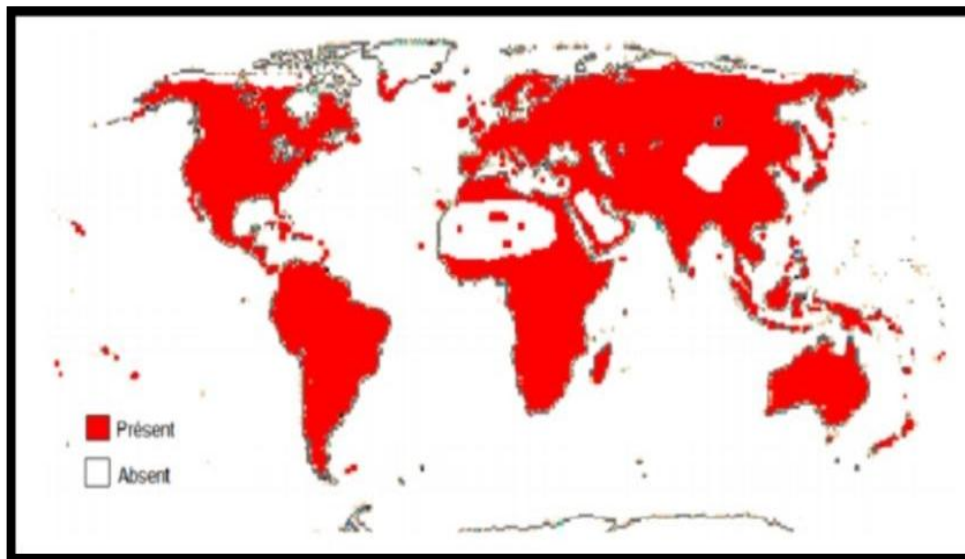
Figure I.(2,3) : tige & feuille de famille lamiacées. (Maalem et Nada-abi, 2019)

### 1.3. Distribution géographique des lamiacées

La famille des lamiacées est répandue sous les zones tropiques comme dans les régions tempérées du monde.

La plus grande variété se trouve dans cet arrangement :

Bassin méditerranéen, Asie centrale, continent américain, îles du pacifique, Afrique équatorial et Chine. (Kabouche, 2005).



*Figure I.( 4) : Répartition géographique de la famille des lamiacées dans le monde entier.*

*(Adjoudj, 2018).*

#### **1.4. La classification de la famille des lamiacées (Menad et Dali, 2017).**

**Règne :**Plantes.

**Sous règne :**Phanérogames.

**Embranchement :**Spermaphytes.

**Sous-embranchement :**angiospermes.

**Classe :**Dicotylédones.

**Ordre :**Lamiales.

**Famille :** Lamiacées.

**Tableau: I. (01) : lise de quelque genre de la famille lamiacées**

Nom Scientifiques	Nom commun	Nom Local	Distribution géographique	Distribution Botanique	Utilisations
<i>Thymus Vulgaris L</i>	Thym	زعترا	Il pousse à l'état sauvage sur les collines arides et rocailleuses des régions méditerranées	<p><b>Les tiges :</b> ligneuses à la base</p> <p><b>Les feuilles :</b> sont très petites, ovales</p> <p><b>Les fleurs :</b> rosées ou blanches, légèrement violacées à la base</p>	<p>- utilisées dans l'industrie pharmaceutique et parapharmaceutique (Crèmes, dentifrices)</p> <p>-pour la fabrication de parfums</p> <p>-Il atténue les taux et les rhumes et combat les troubles digestifs</p>
<i>-Lavandula Stoechas</i>	Lavande	الخزامة	Il répartie dans la région méditerranéenne Et vers l'est de l'Arabie saoudite jusqu'en Inde, il est particulièrement diversifié au Maroc avec 10 espèces spontanées dont 5 sont endémiques.	<p><b>Les tiges :</b> Fortement ramifiées</p> <p><b>Les feuilles :</b> Linéaire, sessiles et persistantes</p> <p><b>Les fleurs :</b> bleues ou violettes</p> <p><b>Les fruits :</b> est un akène</p>	<p>-Traiter la gale et les poux</p> <p>-elle à des propriétés d'antivenimeuses en cas de morsure de vipère</p> <p>-pour traiter de toux, la grippe, d'infections urinaires ou pulmonaires</p>

	Ocimum	الريحان	D'origine d'inde et d'Asie tropicale, notamment en Afrique centrale et en Asie du sud-Est	<p><b>Les tiges :</b> Est quadrangulaire Pouvant atteindre jusqu'à 50 à 60 Cm d'hauteur</p> <p><b>Les feuilles :</b> Sont opposées, ovales, Petites ou large et toujours très brillantes vert pale à vert foncé</p> <p><b>Les fleurs :</b> sont petites et de couleur crème, blanche, rose Ou violacées selon la variété</p>	<p>-dans les domaines alimentaires</p> <p>-dans le domaine cosmétique</p> <p>-et pour ornementales</p> <p>-dans médecine traditionnelle (tonique, stimulant, carminatif, stomachique, antispasmodique, antiviral et vermifuge)</p>
<i>Melissa officinalis L.</i>	Mélisse-citronnelle	مليسة	D'origine des régions méditerranéennes Elle est répandue en Europe méridionale, au Proche-Orient, en Asie occidentale, en Afrique du nord et est acclimatée en Amérique nord et en Argentine.	<p><b>Les tiges :</b> est dressées, plus ou moins velue, peu ramifiée à la base</p> <p><b>Les feuilles :</b> opposées, simples ovales, la face supérieure de couleur vert vif foncé est rugueuse au toucher</p> <p><b>Les fleurs :</b> blanches, rosées</p> <p><b>Les fruits :</b> tétrakéne</p>	<p>-elle utilisé dans la médecine traditionnelle (pour traiter les troubles du système digestif , nerveux ,du foie et de la bile</p> <p>-elle utilisé pour attirer les abeilles pour faire du miel</p> <p>- elle utilisé aussi comme plante ornementale</p>

<p><i>Origanum elongatum</i>L.</p>	<p>origan</p>	<p>الزعتر</p>	<p>Originaire du bassin méditerranéen, au Maroc, dans les régions du Rif, prés-Rif</p>	<p><b><u>Les tiges :</u></b> dressées et plus ou moins ramifiées  <b><u>Les feuilles :</u></b> simples, opposées, pétiolées ou sessiles a subsessiles  <b><u>Les fleurs :</u></b> blanches ou rosées  <b><u>Les fruits :</u></b> sont constitués et 4 nucules ovoïdes et lisses</p>	<p>-Ses les feuilles vertes sont très utilisées dans les préparations culinaires          - il est également utilisé dans le domaine de la médecine et de pharmacie en raison de sa capacité à désinfecter.</p>
<p><i>Romarinus oficalis</i> L.</p>	<p>Romarin</p>	<p>اكليل الجبل</p>	<p>-il pousse dans tous les pays du bassin méditerranées          -dans Afrique du nord (Maroc, Algérie, Tunisie et Libye)          -dans l'Europe (France, Espagne, Italie et Turquie)</p>	<p><b><u>Les tiges :</u></b> dressées et très feuillées  <b><u>Les feuilles :</u></b> persistantes, coriaces, d'une couleur verte et sombre luisant sur le dessus et blanche en dessous  <b><u>Les fleurs :</u></b> bleues avec des taches violettes  <b><u>Les fruites :</u></b> est un tétrakène.</p>	<p>- les sont utilisées dans la fabrication il a de multiples usages tels que la simple utilisation de la médecine traditionnelle, les usages industriels, la pharmacologie, l'alimentation et les cosmétiques          -il est également utilisé dans l'industrie de la viande en raison de sa propriété antioxydant          -quant à ses huiles, el de parfums et de pesticides.</p>

### **1.5. Intérêts Economiques des Lamiacées**

Cette famille est l'une des principales sources de légumes et de plantes médicinales dans le monde entier. Les espèces de *Mentha*, *Thymus*, *Salvia*, *Origanum*, *Coléus* et *Ocimum* sont utilisées comme des légumes, des arômes alimentaires et dans l'industrie du bois. (Plusieurs espèces de cette famille sont utilisées en médecine traditionnelle et moderne, comme *Lavandula*, *Teucrium*, *Thymus* et *Salvia* Plusieurs travaux, réalisés in vitro et in vivo, rapportent des résultats intéressants pour certaines molécules antioxydants d'origine végétale telles que les di catéchols, la curcumine, les tri terpènes penta cycliques et les flavonoïdes (Dont la pharmacopée traditionnelle africaine, les plantes de la famille Lamiaceae sont utilisées comme diurétique, anti- syphilitique, anti-diarrhéique, cicatrisante, antiseptique et dans le traitement de nombreuses affections telles que les problèmes intestinaux ou encore le météorisme (ballonnement du ventre, du à des gaz). (Stankovic, 2020).

# *Chapitre II*

## *Métabolisme secondaire*

## **1. Introduction**

Les plantes sont des organismes autotrophes qui se nourrissent d'éléments simples (carbone, oxygène, azote) et synthétisent des composés organiques pour leur métabolisme, à la fois primaire et secondaire.

Les métabolites primaires, comme les protéines, les acides nucléiques, les acides/esters gras et les carbohydrates, sont des polymères construits à partir d'unités moléculaires simples (acides aminés, nucléotides, acides maloniques et sucres, respectivement). Ils se retrouvent dans toutes les espèces et ont un rôle essentiel pour le métabolisme ainsi que le développement végétal. (Benslama, 2015).

Par contre, les métabolites secondaires, qui dérivent de ces métabolites. Sont des composés qui ne participent pas directement au développement de la plante, bien qu'ils participent pleinement à l'efficacité de sa photosynthèse ou de sa reproduction, ils interviennent principalement dans les relations que la plante a avec son environnement .

Contrairement aux métabolites primaires, les produits du métabolisme secondaire ne sont pas indispensables à la survie de l'individu mais à la survie de la population végétale dans son ensemble au sein de son biotope. Le métabolisme secondaire présente une certaine spécificité car la nature des composés varie fortement d'une famille botanique à l'autre. En effet, les plantes se distinguent des autres organismes vivants par cette expansion du métabolisme secondaire qui aboutit à la synthèse d'une multitude de molécules aux propriétés et fonctions diverses. De même, il est utile de rappeler que la biosynthèse de ces métabolites secondaires, ou plutôt « non primaires », est souvent associée ou même essentielle aux processus de défense de la plante. Leur synthèse peut être constitutive, c'est à dire présente durant tout le cycle de vie de la plante, même en absence d'agression, ou induite lorsque la synthèse est déclenchée en réponse à la prédation.(Bouharmont, 2014).

## **2. Classification des métabolites secondaires**

Les métabolites secondaires sont divisés principalement en trois grandes familles, les polyphénols, les terpènes et les alcaloïdes (Benslama, 2015).

## **2.1. Les alcaloïdes**

### **2.1.1. Définition**

L'alcaloïde a été introduit par W. MeISNER au début du XIXe siècle (Tidjani, 2016). OÙ il est nommé par le nom est dérivé de la plante à partir de laquelle l'alcaloïde a été extrait (par exemple : cocaïne extraite du coke). Ou des noms dérivés de la personne qui a découvert la plante (par exemple : Spegazzine extraite d'*Aspidosperma chakensis* par Spegazzini). En anglais et en français. (Dunet, 2009).

Les alcaloïdes forment un grand groupe de métabolites secondaires. Ce sont des composés organiques d'origine naturelle, et sont souvent végétaux, azotés, plus ou moins moins indispensables et conférée, à faibles doses, avec des propriétés pharmacologiques remarquables. (El Tahchy, 2010).

Les alcaloïdes sont divisés en trois genres :

- A.** les alcaloïdes « vrais » Les alcaloïdes vrais : qui dérivent de l'acide aminé partagent un cycle hétérocyclique avec l'azote. Ils sont présents dans les plantes soit sous forme libre, de sels ou de N°oxyde.
- B.** Les proto-alcaloïdes qui sont des amines simples dont l'azote n'est pas inclus dans un système hétérocyclique et sont élaborés *in vivo* à partir d'acides aminés. Ils sont souvent appelés « amines biologiques » et sont solubles dans l'eau.
- C.** Les pseudo-alcaloïdes qui présentent le plus souvent les caractéristiques des alcaloïdes vrais mais ne sont pas dérivés des acides aminés. (Allaoua et Lamriben, 2017).

### **2.1.2. Répartition**

Les alcaloïdes sont présents essentiellement chez les Angiospermes dont la plupart. Sont des Dicotylédones : Papavéracées, Rutacées, Fabacées, Loganiacées, Apocynacées, Solanacées et Rubiacées. Cependant, de nombreux alcaloïdes ont également été trouvés chez des Monocotylédones Liliacées et Amaryllidacées.

Les alcaloïdes sont exceptionnels chez les bactéries (*Pseudomonas* : pyocyanine). Et assez rares chez les champignons (*Penicillium*, Ergot de seigle, *Psilocybe*, *Pseudomonas*).

Et les animaux (Salamandre, Crapaud, poissons). (Vercauteren, 2011).

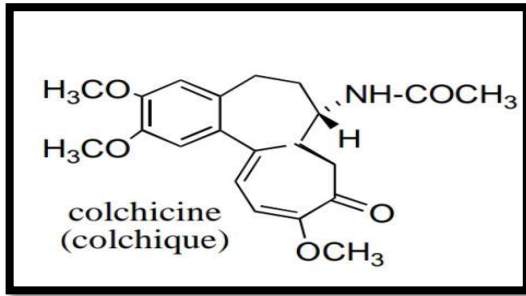
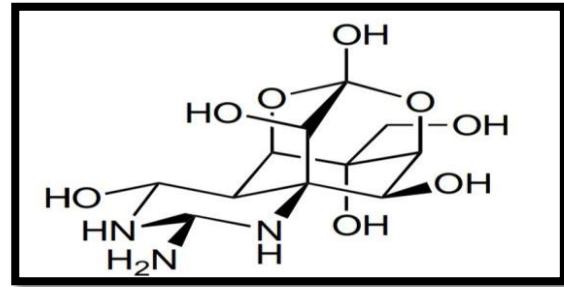


Figure II.(5) colchicine (liliacées).



FigureII.(6):Tetrodotoxine (Poisson)

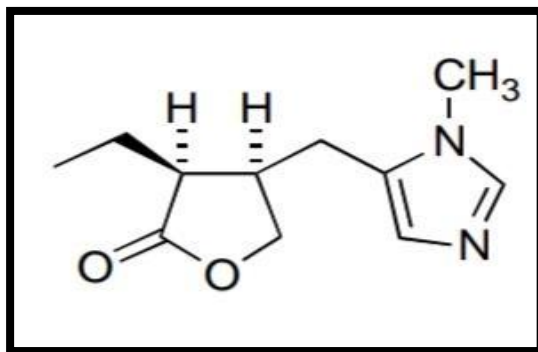


Figure II.(7): pilocarpine (Rutacées)

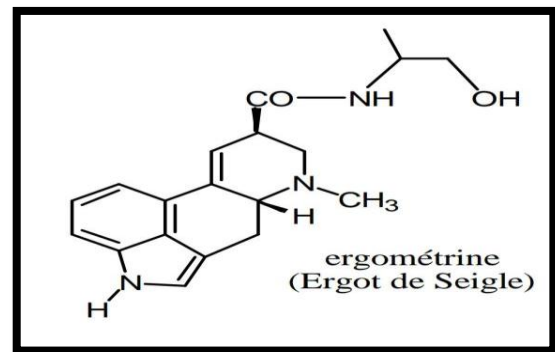


Figure II.(8): Ergot de seigle

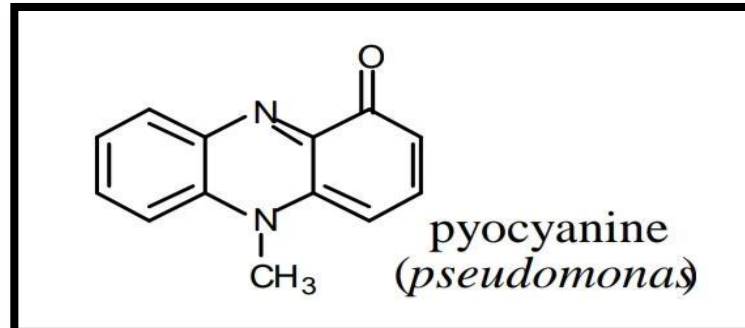


Figure II.(9) :pyocyanine\_ (Vercauteren, 2011)

### 2.1.3. Localisation

Les alcaloïdes sont le plus souvent localisés dans les tissus périphériques :

- ✓ Assises externes des écorces de tige et de racine.
- ✓ Téguments des graines.
- ✓ Rarement dans les tissus morts.

Au niveau cellulaire, la synthèse des alcaloïdes a lieu au niveau du réticulum Endoplasmique et le stockage dans les vacuoles. (Boulberhane, 2017).

### 2.1.4. Propriétés physiques

Les alcaloïdes sont:

- Masse moléculaire faible entre 100 et 900.
- Solides cristallisés, certains sont sous forme de liquides volatils à la température Ordinaire (nicotine).
- Caractère amère.
- Insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques (alcools, acétone). (Elkolly, 2017).

### **2.1.5. Biosynthèse des alcaloïdes**

La biosynthèse des alcaloïdes à lieu au niveau du réticulum endoplasmique, la basicité et les actions anti métabolites de la plupart de ces alcaloïdes imposent leur compartimentation.

Dans les vacuoles cellulaires. Le plus souvent la synthèse de ces alcaloïdes s'effectue au niveau de sites précis (racine en croissance, chloroplastes), ils sont ensuite transportés dans leur site de stockage.

Les grandes lignes de la biosynthèse des alcaloïdes sont connues, notamment grâce à l'emploi d'éléments marqués et de techniques de dégradation spécifique. Certaines réactions intermédiaires restent toutefois hypothétiques, de même que certains mécanismes. Biogénétiques. L'ornithose et la lysine, acides aminés diamines, la phénylalanine, la tyrosine et le tryptophane, acides aminés aromatiques, sont le point de départ de la synthèse de nombreux alcaloïdes. Dans tous les cas la première étape est la décarboxylation des acides aminés par des décarboxylases spécifiques.

La biosynthèse de l'alcaloïde peut nécessiter l'intervention d'une seule molécule. D'acide aminé (hygrine, cathine), de deux molécules du même acide aminé (quinolizidines, benzylisoquinoléines), plus rarement de deux acides aminés différents (tubulosine) ou de plusieurs molécules du même (spartéine). La tyrosine et la phénylalanine, composés à l'origine du noyau aromatique est les précurseurs de l'important groupe des alcaloïdes, Iso quinoléiques. (Mellemenasria, 2013).

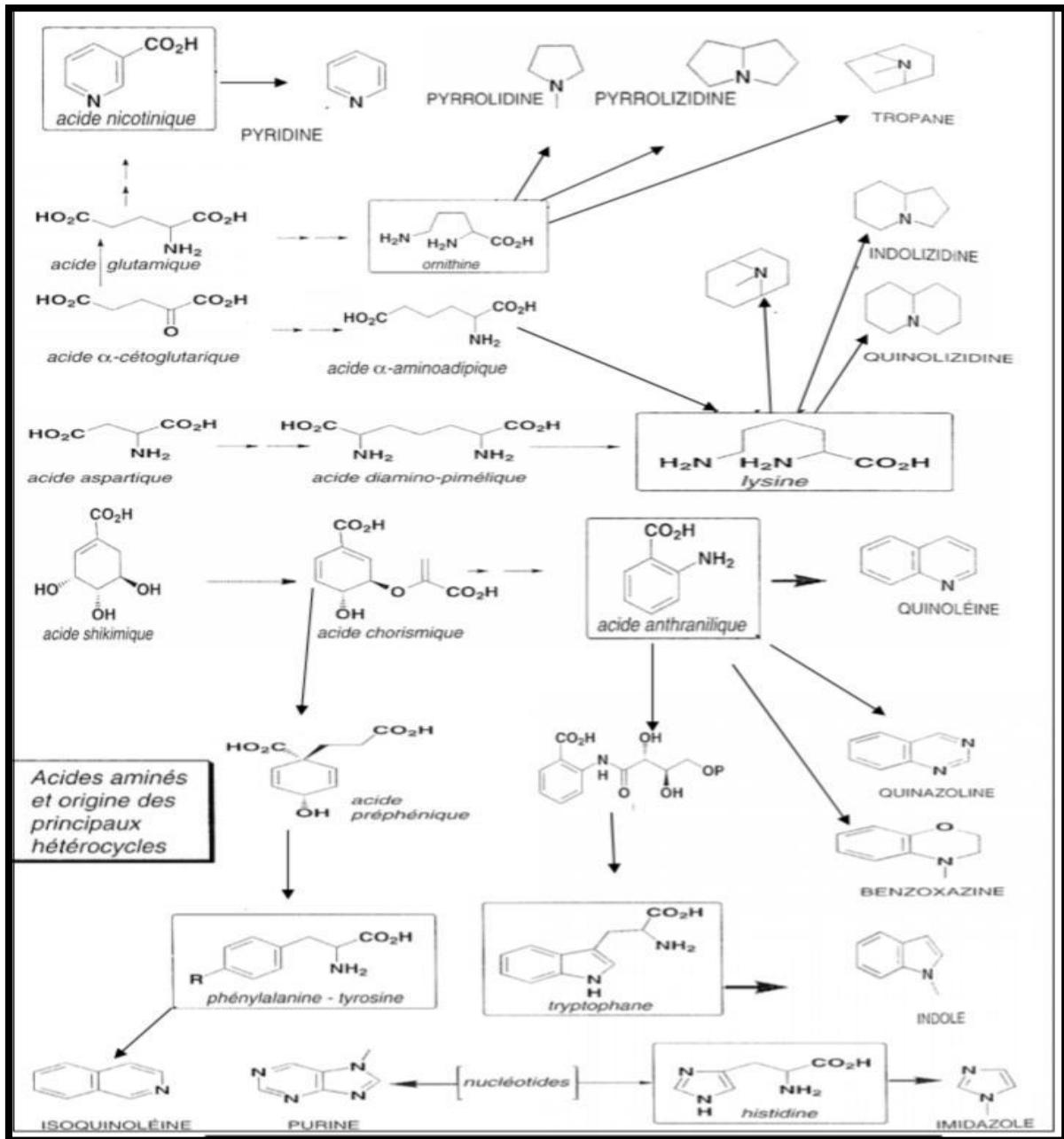


Figure II.(10) : Biosynthèse des alcaloïdes.

### 2.1.6. Rôle physiologiques des alcaloïdes

Son rôle est de fournir un arsenal chimique disponible pour défendre la plante contre les attaques d'herbivores et de microorganismes. La nicotine inhibe la croissance des larves de tabac et le composé pur peut également être utilisé comme insecticide efficace dans les serres. De plus, les alcaloïdes végétaux protègent contre les dommages causés par les UV. Ils constituent également une réserve de substances capables de fournir de l'azote ou d'autres éléments nécessaires au développement de la plante, et parfois ils

n'ont pas de rôle spécifique et ne sont que des sous-produits du métabolisme de la plante. (Donatien, 2008).

## 2.2. Composés phénoliques

### 2.2.1. Définition

Le terme composé phénoliques ou polyphénols est utilisée indifféremment pour désigner tout produit du métabolisme secondaire des végétaux (Aurélia, 2018). dont la structure est caractérisée par la présence d'au moins un noyau aromatique portant au moins un groupement hydroxyle libre, ou engagé dans une autre fonction tels que : éther, ester ou hétéroside (Larbi et Ziani, 2018). Les composés phénoliques, constituent le groupe le plus représenté et le plus largement distribué dans le royaume des végétaux, avec plus de 9000 structures phénoliques connues. Allant de molécules phénoliques simples de bas poids moléculaire tels que, les acides phénoliques à des composés hautement polymérisés comme les tannins. (JEAN-JACQUES et al, 2005).

Les composés phénoliques sont classés selon le nombre d'atomes de carbone dans le squelette de base et sont subdivisés en plusieurs classes, les principales sont: les acides phénoliques (acide caféique, acide hydroxy cinnamique, acide l'orogénique), les flavonoïdes qui représentent plus de la moitié des polyphénols, les tanins et les coumarines. (Nadour, 2015).

**Tableau II. (02) : Les principales classes de composés phénoliques**

Squelette carboné	Classe	Exemple	Origine
C 6	Phénols simples	Catéchol	Nombreuses espèces
C 6 - C 1	Acides hydroxybenzoïques	p-Hydroxybenzoïque	Epices, fraise
C 6 - C 3	Acides hydroxycinnamiques Coumarines	Acides caféique, férulique Scopolétine, esculétine	Citrus Citrus
C 6 - C 4	Naphtoquinones	Juglone	Noix
C 6 - C 2 - C 6	Stilbènes	Resvératrol	Vigne
C 6 - C 3 - C 6	Flavonoïdes • Flavonols • Anthocyanes • Flavanols • Flavanones Isoflavonoïdes	Kaempférol, quercétine Cyanidine, pélargonidine Catéchine, épicatechine Naringénine Déidzéine	Fruits, légumes, fleurs Fleure, fruits rouges Pomme, raisin Citrus Soja, pois
(C 6 - C 3) 2	Lingnanes	Pinorésinol	Pin
(C 6 - C 3) n	Lignines		Bois, noyau des fruits
(C 15) n	Tannins		Raisin rouge, Kaki

### **2.2.2. Réparation et localisation**

Les composés phénoliques sont principalement répartis dans deux compartiments : les vacuoles et la paroi. Dans les vacuoles, les polyphénols sont conjugués, avec des sucres ou des acides organiques, ce qui permet d'augmenter leur solubilité et de limiter leur toxicité pour la cellule. Au niveau de la paroi, on trouve surtout de la lignine et des flavonoïdes liés aux structures pariétales. Les composés phénoliques sont synthétisés dans le cytosol. D'autres organites du cytoplasme, comme des vésicules golgiennes ou des chloroplastes, peuvent participer à la biosynthèse des composés phénoliques mais ce ne sont pas des lieux d'accumulation.

Ces composés constituent les principes actifs de nombreuses plantes médicinales. On les trouve, d'une manière générale, dans toutes les plantes vasculaires, où ils peuvent être localisés dans divers organes : racines, tiges, bois, feuilles, fleurs et fruit. Les principales sources alimentaires de composés phénoliques sont les fruits et légumes, les boissons (thé, café, jus de fruits), les céréales, les graines oléagineuses et les légumes secs. (Boizot et Charpentier, 2006).

### **2.2.3. Classification**

#### **2.2.3.1. Flavonoïde**

##### **a) Définition**

Le terme flavonoïde dérive du latin « favus » qui signifie la couleur « jaune ». Ils peuvent être considérés parmi les agents responsables des couleurs de plantes à côté des chlorophylles et des caroténoïdes (Erich, 2006). Leur structure chimique de base est tricyclique : C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>.

Les flavonoïdes constituent un large groupe de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols. Ils sont considérés comme des colorants végétaux presque universels, en particulier dérivés de la benzo-pyrone (cycle A et C sur la figure) (Naoui et Reggab, 2019) Ils peuvent exister sous forme de génines libres (aglycones) ou de génines liées aux sucres (Hétérosides). (Lazziri et Zikem, 2008).

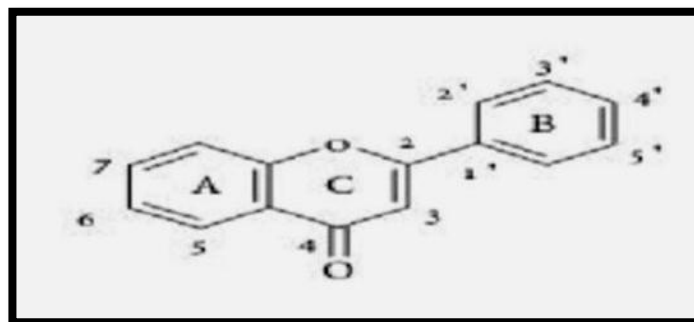


Figure II.(11) : Squelette de base des flavonoïdes (Ghedira, 2005).

### b) Répartition botanique et localisation

Les flavonoïdes dès les flavonoïdes sont réponsus dans tout le règne végétal (Bryophytes, Ptéridophytes et Gymnospermes) mais surtout abondants chez les Angiospermes Dicotylédones (Astéracées, Polygonacées, Rutacées, Fabacées, Apiécées...).

Présents dans tous les organes (au niveau du tissu épidermique) mais surtout les organes jeunes (fleurs et boutons floraux). (Ismail, 2015).

### c) Propriétés Physiques

- La plupart des flavones sont des solides jaunes.
- La plupart des flavones sont solubles dans l'eau, l'éthanol et les acides et alcalis dilués.
- Les flavones sont précipitées par le sel de plomb.
- Avec le chlorure ferrique, les flavones donnent une couleur vert terne ou brun rouge. (Roshniet Pharm,2014).

### d) Rôle physiologiques

1- Rôle dans le mécanisme de défense des plantes : Ils ont un rôle très limité à cet égard en raison de leur faible toxicité par rapport aux autres métabolites secondaires végétaux tels que les alcaloïdes.

2- Ce sont les pigments des fleurs et attirent les insectes pollinisateurs.

3- Ils jouent un rôle dans le contrôle de la croissance des plantes en inhibant et en activant les enzymes. (Saffidine, 2015).

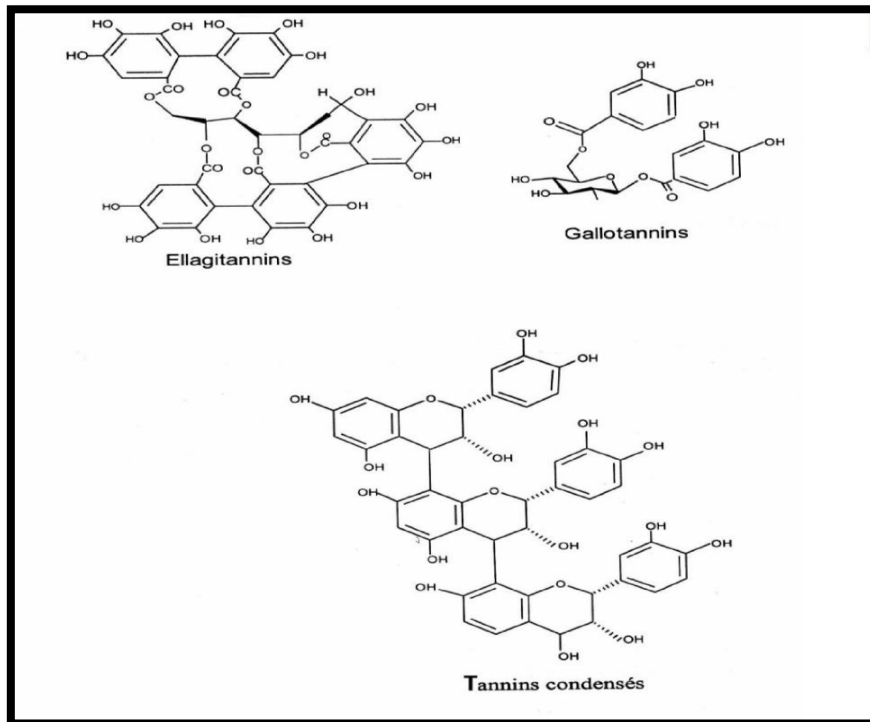
#### 2.2.3.2. Tanin

Le nom «tanin» est dérivé du français «tanin» (substance tannante) et est utilisé pour une gamme de polyphénols naturels. La définition la plus acceptable des tanins végétaux reste probablement celle de Bate-Smith et Swain, formulée en 1962 O Les tanins végétaux sont un groupe unique de composés phénoliques de poids moléculaire

relativement élevé qui ont la capacité de se complexer fortement avec les glucides et les protéines. (Nagina, 2016).

On distingue deux catégories :

- Les tanins condensés sont des polymères d'unités de flavonoïdes reliées par des liaisons fortes de carbone, sont non hydrolysables, mais peuvent être oxydés par les acides forts libérant des anthocyanidines.
- Les tanins hydrolysables sont des polymères à base de glucose qui forme avec les unités d'acide gallique des liaisons ester.
- Les plantes riches en tanins sont utilisées pour retendre les tissus et pour réparer les tissus.
- Endommagés par un eczéma ou une brûlure, elles rendent les selles plus liquides, facilitant, Ainsi le transit intestinal. (Kishor, 2016).



*Figure II.( 12): Structure des tannins*

### **a) Répartition et localisation**

Les tanins sont largement répandus dans le règne végétal, où on les retrouve aussi bien chez les Angiospermes que chez les Gymnospermes. Dans les Angiospermes, les tanins sont plus abondants dans les Dicotylédones que dans les Monocotylédones.

Les plantes riches en tanins se répartissent au sein de nombreuses familles botaniques de Dicotylédones, parmi lesquelles, on peut citer : Les Légumineuse, Les Anacardiacee : Les Combrétacées, Les Rhizophoracées, Les Myrtacées, Les Polinaceae.

Les tanins se localisent dans presque toutes les parties de la plante, des racines aux fruits, en passant par les cheveux, les tiges, la tige, les gousses, les bois, l'écorce et les feuilles.(Daset al, 2020).

### **b) Propriétés physiologiques**

- Les tanins sont des corps généralement amorphes, se dissolvent dans l'eau sous forme de solutions colloïdales.
- Solubles dans l'eau, dans l'alcool et l'acétone, insolubles dans les solvants organiques apolaires.
- Les tanins sont précipités par de nombreux réactifs ; ils précipitent : avec les sels de métaux lourds : fer, plomb, zinc, cuivre.
- Avec les sels ferriques, on obtient des précipités colorés différemment selon la nature des tanins
- bleu-noir avec les tanins hydrolysables ;
- brun-vert avec les tanins condensés :
- Tanins hydrolysables et tanins condensés peuvent être distingués sur la base de leur comportement en milieu acide à chaud. (Sahpaz, 2017).

### **c) Rôle physiologiques :**

Les tanins jouent aussi un rôle physiologique comme facteurs régulateurs de la croissance des végétaux, leur présence dans les cellules et l'augmentation de leur concentration en présence de lumière procurent une fonction protectrice contre le stress causé par le soleil.

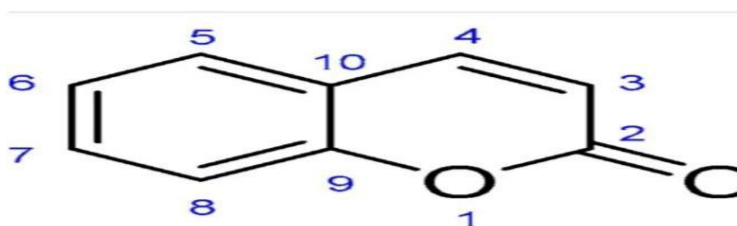
Comme pour tous les flavonoïdes, la présence de noyaux aromatiques confère aux tanins une fonction antioxydant qui préserve les résines de la dégradation enzymatique et retarde l'auto oxydation de l'acide ascorbique contenu dans certaines substances végétales.

Les tanins comptent parmi les principaux constituants du bois. Grâce à leur structure hélicoïdale, ils empêchent la dégradation des cellules du bois causée par une déficience en eau.

### 2.2.3.3. Les coumarines

#### a. Définition

Sont Une large famille de métabolites secondaires retrouvés dans diverses espèces de plantes (plus de 1300 coumarines ont été identifiées à partir de sources naturelles, en particulier les plantes vertes) mais aussi des champignons et des microorganismes. La principale voie de biosynthèse de la coumarine se fait par voie d'acide shikimique, via l'acide cinnamique, par le métabolisme de la phénylalanine. L'histoire de ces produits naturels a commencé il y a 200 ans - le nom de la classe dérivé de la plante Coumarou na odorat (Diptérie odorat) dont le membre le plus simple de cette famille, la coumarine elle-même a été isolé par Vogel en 1820. Chimiquement parlant, les coumarines sont des hétérocycles organiques et leur noyau est représenté par la benzo- $\alpha$ -pyrone (2H-1-benzopirane-2-one), dont la nomenclature systématique a été établie par l'Union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC). (Annunziata et al, 2020)



*Figure II.(13) : coumarines (Annunziata et al, 2020)*

Il existe 2 types de coumarines :

Coumarines simples : Esculente (OH en positions 6 et 7)

Coumarines propylées : Psoralènes (6,7 furanocoumarines) (avec un noyau furane en positions 6 et 7). (Sahpaz, 2017).

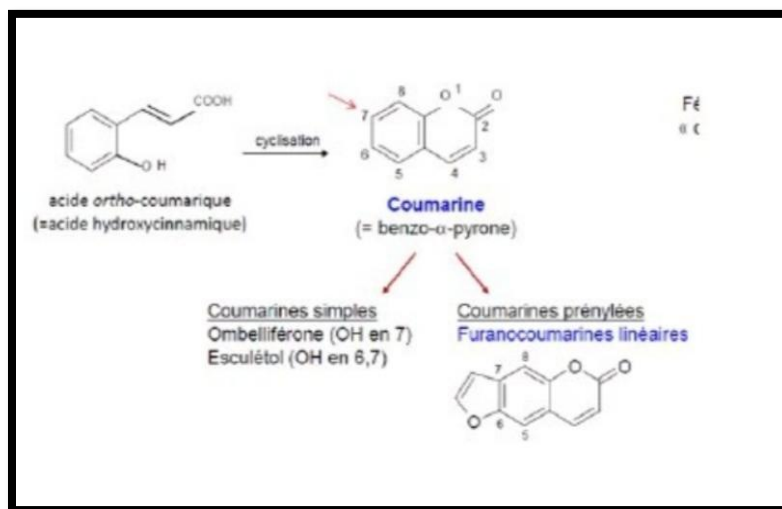


Figure II.(14) : les types des coumarines

### b. Répartition botanique et localisation :

Elles sont surtout présentes chez les Dicotylédones et abondantes dans certaines familles : Rutacées, Fabacées, Lamiacées, Oléacées, Loganiacées, Solanacées, Astéracées et Hippocastanacées. ). (Sahpaz, 2017).

Les coumarines sont formées dans les feuilles et s'accablent surtout dans les racines et les écorces, ainsi que dans les tissus âgés ou lésés.

### c. Propriétés physiques

- Les coumarines sont des solides cristallisés blancs ou jaunâtres.
- Saveur généralement amère ; certaines sont sublimentables.
- Les hétérosides sont assez solubles dans l'eau et solubles dans l'alcool.
- Les génines sont solubles dans l'alcool et les solvants organiques.
- Les coumarines hydroxylées possèdent une intense fluorescence bleue en lumière ultraviolette. Leur spectre U.V. est également caractéristique et sert à leur identification. (Aider, 2015).

### d. Rôle physiologiques :

Le principal rôle physiologique des coumarines décrit à l'heure actuelle, réside dans la défense de la plante contre les attaques par des pathogènes ; on les qualifie de phtaléines.

Par ailleurs, certains furs coumarines sont des composés allopathiques ayant la capacité d'inhiber la germination des plantes environnantes, comme l'aviron qui inhibe la germination de la laitue. Pour se défendre contre ces divers pathogènes, les plantes peuvent

synthétiser des coumarines aussi bien de manière constitutive que suite à une induction. Par exemple, une infection par *Penicillium digitatum* induit chez l'orange une augmentation de la synthèse de certains phénylpropanoïdes et en particulier de soproane.

#### **2.2.4. Biosynthèse des composés phénoliques**

Les grandes lignes des voies de biosynthèse des principaux composés phénoliques sont maintenant bien connues. Les deux acides aminés aromatiques (phénylalanine et tyrosine) sont présents dans les protéines mais sont également à l'origine de la formation de la plupart des molécules phénoliques chez les végétaux (**Sarmi et Cheymer 2006**). Ces composés sont issus par deux grandes voies métaboliques

- Voie de l'acide shikimique :

Elle conduit à la formation du précurseur immédiat des phénols par désamination de la phénylalanine. La séquence biosynthétique suit, dénommée séquence des pheoides la formation des principaux acides hydroxy cinnamiques. Les formes actives de ces derniers avec le coenzyme permettent d'accéder aux principales classes des composés phénoliques citant quelques transformations :

- Vers les acides de la série benzoïque (acides gallique, protocatéchique...) par Béta-oxydation. L'acide gallique lui-même, par combinaison avec des sucres simples, conduit aux tannins hydrolysables (tannins galliques et illogiques)
- Vers les esters de type l'orogénique par estérification avec un acide alcool (acide qu'inique, tartrique, shikimique...).(Sarmi et Cheymer, 2006).
- Vers les coumarines, par cyclisation interne des molécules suivie de modifications complémentaires (glycosylations, prélations...).
- Vers les lignines par réduction, formation des monolignols puis la paroi cellulaire par la polymérisation oxydative initiée dans peroxydases et éventuellement les laccases. (Bouheroum, 2007).

- La voie d'acétate malonate :

Elle conduit par condensations répétées à des systèmes aromatiques ex les chromons, les iso coumarines, et les quinones. La pluralité structurale des composés phénoliques due à cette origine biosynthétique est encore accrue par la possibilité très fréquente d'une participation simultanée du shikimate et de

l'acétate à l'élaboration des composés mixtes comme les flavonoïdes, les stibines et les xanthines. (Bouheroum, 2007).

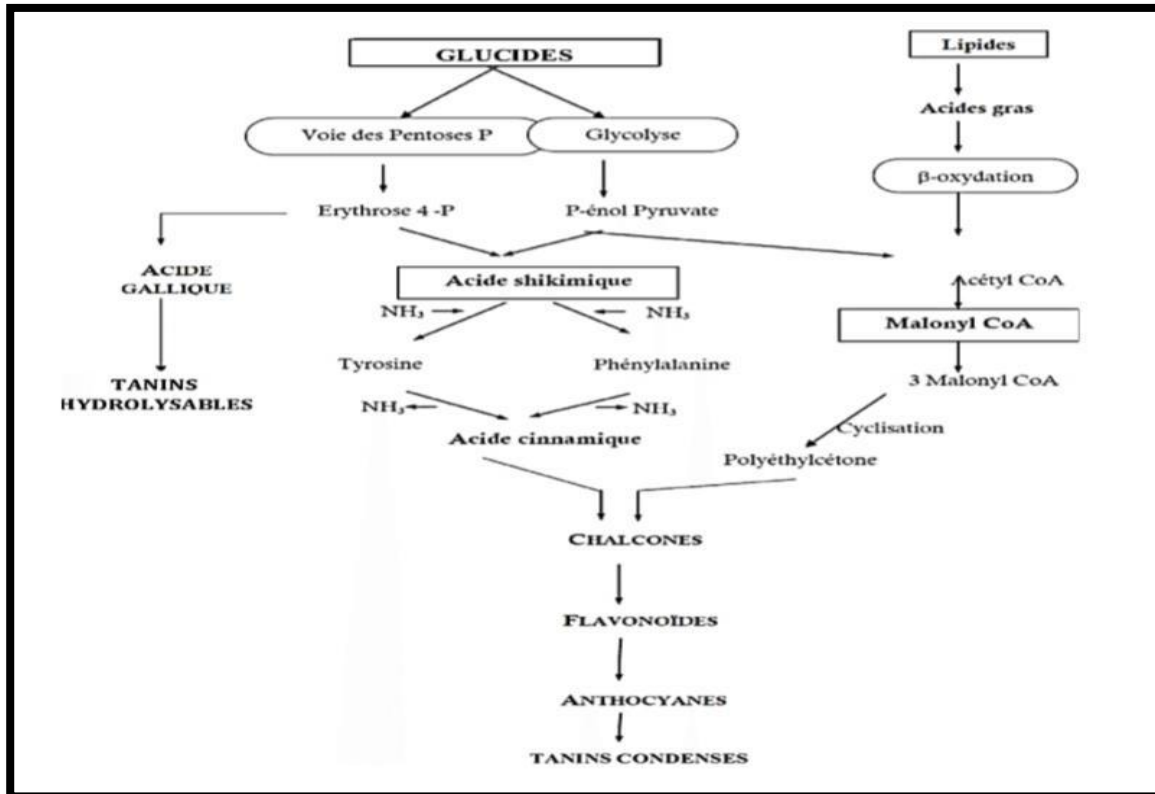


Figure II. (15) : Représentation des voies de biosynthèse des polyphénols ((LARBI et ZIANI 2018)

### 2.2.5. Intérêt des composés phénoliques

- Dans certains aspects de la physiologie de la plante (lignification, régulation de la croissance, interactions moléculaires avec certains microorganismes symbiotiques ou parasites, etc.).(Larbi et Ziani, 2018).
- Dans les interactions des plantes avec leur environnement biologique et physique (relations avec les bactéries, les champignons, les insectes, résistance aux UV), soit directement dans la nature, soit lors de la conservation après récolte de certains végétaux. (Donatien, 2008).
- Dans les critères de qualité (couleur, astringence, amertume, qualités nutritionnelles, etc.) qui orientent les choix de l'homme dans sa consommation des organes végétaux (fruits, légumes, tubercules, etc.) et des produits qui en dérivent par transformation. (Nadour, 2015).

### **2.3. Les huiles essentielles**

#### **2.3.1. Définition**

- Selon la Commission de la Pharmacopée européenne(2008).

*« Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage. L'huile essentielle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition ».* (Fauconnier, 2019).

- Selon AFNOR ISO 9235 : Matières premières aromatiques d'origine naturelle.

*« Produit obtenu à partir d'une matière première d'origine végétale, après séparation de la phase aqueuse par des procédés physiques : soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe des Citrus, soit par distillation sèche. ».*(Fauconnier, 2019).

Le terme « huile » s'explique par la propriété que présentent ses composés de se solubiliser dans les graisses et par leur caractère hydrophobe. Le terme « essentielle » fait référence au parfum, à l'odeur plus ou moins forte dégagée par la plante et au fait qu'elles soient inflammables (Brunon .J).

Les huiles essentielles, connues aussi sous le nom d'huiles éthérées ou essences aromatiques, Ce sont des substances organiques aromatiques liquides qu'on trouve naturellement dans diverses parties des plantes. Elles sont très concentrées, volatiles, généralement huileuses et sensibles à la décomposition sous l'effet de la chaleur (Daniéle, 2020). Ils contiennent plusieurs constituants chimiques, ( les esters ,aldéhydes, cétones , terpènes, oxydes ,acides et les alcoolés ).(Bharet Balouk, 2011).

Les HE sont obtenus par hydro distillation, expression à froid, comme les agrumes (Burt, 2004).De nouvelles techniques permettant d'augmenter le rendement de production, ont été développées, comme l'extraction au moyen de dioxyde de carbone liquide à basse température et sous haute pression (Santoyo et al, 2005) ou l'extraction assistée par ultrasons ou micro-onde.(Sahraoui, 2014).

### 2.3.2. Répartition et localisation des huiles essentielles dans la plante

Les HE n'existent quasiment que chez. Les végétaux supérieurs. Les genres capables d'élaborer les constituants qui les composent sont répartis dans une cinquantaine de familles botaniques parmi lesquelles les Lamiacées, les Astéracées, les Rutacées, les Cannabacées, les Lauracées, les Myrtacées et les Zingibéracées. (Bharet Balouk, 2011).

Les HE peuvent être stockées dans tous les organes : fleurs (rose) feuilles (citronnelle, eucalyptus, laurier), écorces (cannelier), bois (bois de rose, santal). Racines (vétiver), rhizomes (curcuma, gingembre), fruits (anis, badiane) et graines (muscade). (Benarab, 2021).

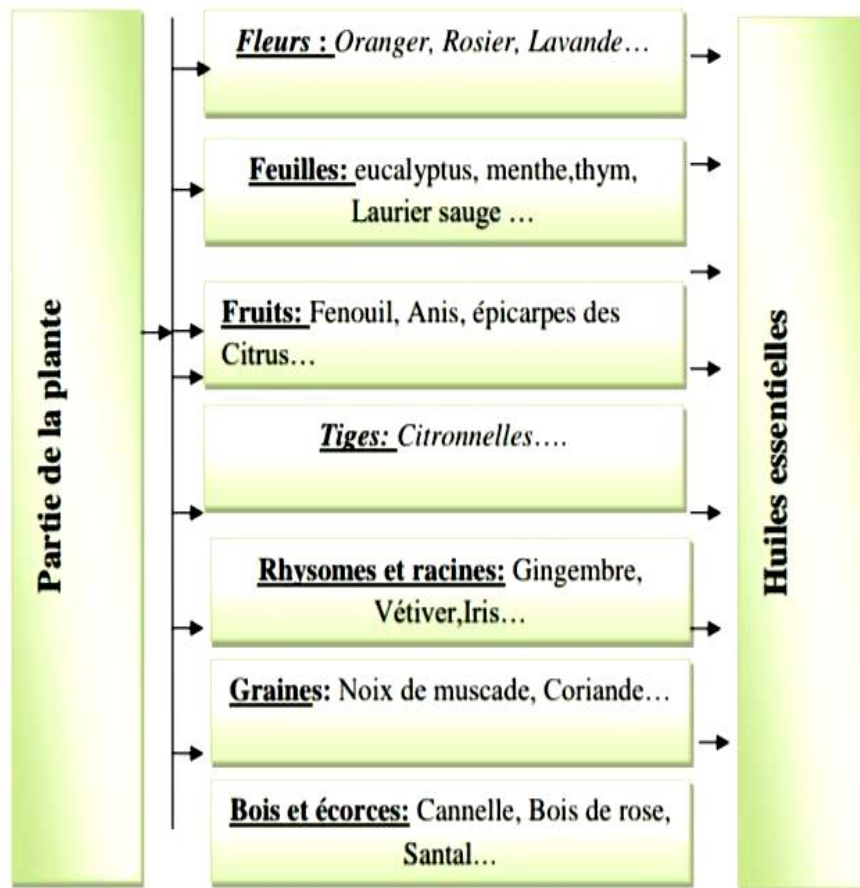


Figure II.(16): les Organes riches en huiles essentielles chez certaines plantes (Touati et Mahmoudi).

La synthèse et l'accumulation des huiles essentielles sont généralement associées à la présence de structures histologiques spécialisées, souvent localisées sur ou à proximité de la surface de la plante:

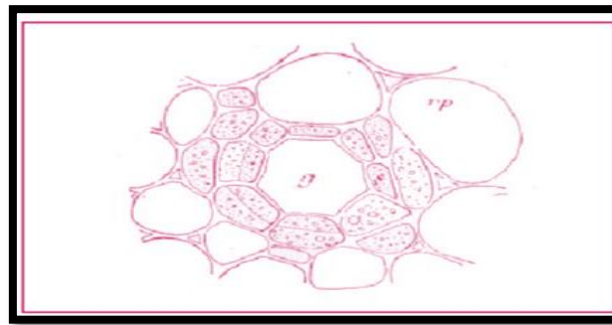
**Cellules à huiles essentielles** : chez les Lauracées ou des Zingibéracées.

**Poils sécréteurs** : chez les Lamiacées, poches sécrétrices des Myrtacées ou des Rutacées.

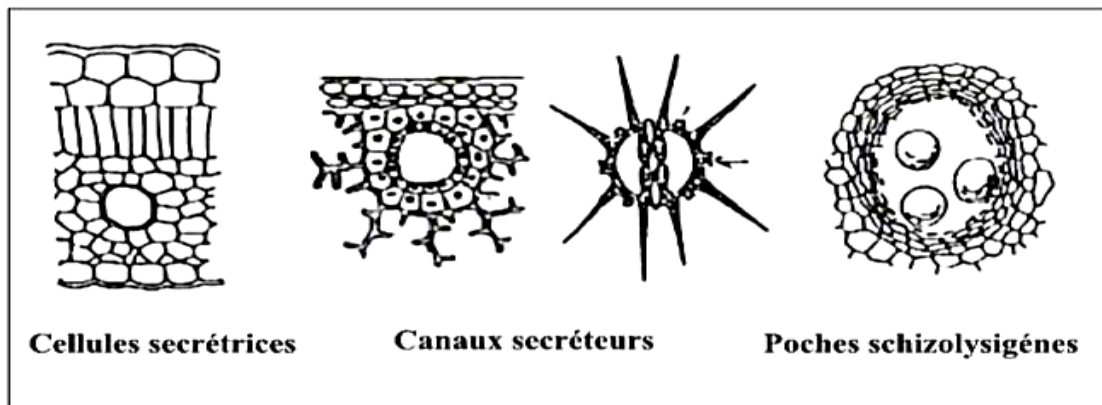
**Canaux sécréteurs** : chez les Apiécées ou des Astéracées. (Sahraoui, 2014\_2015).



*Figure II.(17): cellules épidermiques à HE. Figure II.(18): poils sécréteurs (Sahraoui, 2014\_2015)*



*Figure II.(19): un canal sécréteur (Sahraoui, 2014\_2015)*



*Figure II.(20): Quelques organes sécréteurs d'huiles essentielles (Bouchaala, 2018).*

### 2.3.3. Propriétés physiques des HE

Les HE possèdent en commun un certains nombres de propriétés physiques :

- ✓ Elles sont solubles dans : l'alcool, l'éther, le chloroforme, les huiles fixes, les émulsifiants et dans la plupart des solvants organiques.

- ✓ La densité est généralement inférieure à celle de l'eau.
- ✓ Elles ont un indice de réfraction élevé,
- ✓ Elles sont très altérables et sensibles à l'oxydation.
- ✓ Elles sont liquides à température ambiante.
- ✓ Elles sont incolores ou de couleur jaune pale.
- ✓ Elles sont volatiles, ce qui les différencie des huiles fixes, (Vercautere, 2011-2012).

#### 2.3.4. Biosynthèse

L'unité de base de la synthèse des terpènes est l'isopentényl-diphosphate :IPP qui est synthétisé à partir de l'acétyl- coenzyme (acétyl-coA), et son isomère lé diméthylallyl-diphosphate : (DMAPP) .Deux voies de biosynthèse conduisent à ces unités de basés 5 atomes de carbone.

##### ❖ Voie des trapézoïdes :

- La première est la voie du mévalonate : Elle prend son origine au niveau de l'acétylcoenzyme (produit de la glycolyse). Elle débute par la condensation de trois unité d'acétyla CoA, passe par un composé en C6 (le mévalonate) et conduit au PPI3.À la suite de la déshydratation et la décarboxylation de l'acide *mévalonique* (MVA) par une élimination concertée après sa *pyrophosphorylation* par l'ATP permettent d'aboutir aux deux intermédiaires en C5, bio-précurseur des terpènes : le PPI3 et le PPI2.Les deux intermédiaires PPI3 et PPI2 réagissent entre eux pour générer le pyrophosphate de géranyle (PPG) point de départ de tous les monoterpénoides.La condensation d'une autre unité de PPI3 sur le pyrophosphate de géranyle donne le pyrophosphate de Farnèse (PPF), précurseur de tous les sesquiterpènes. Selon ce processus, l'escalée (tri terpènes) est obtenu, ainsi que les autres terpénoides. (Baali et Rouha, 2017).

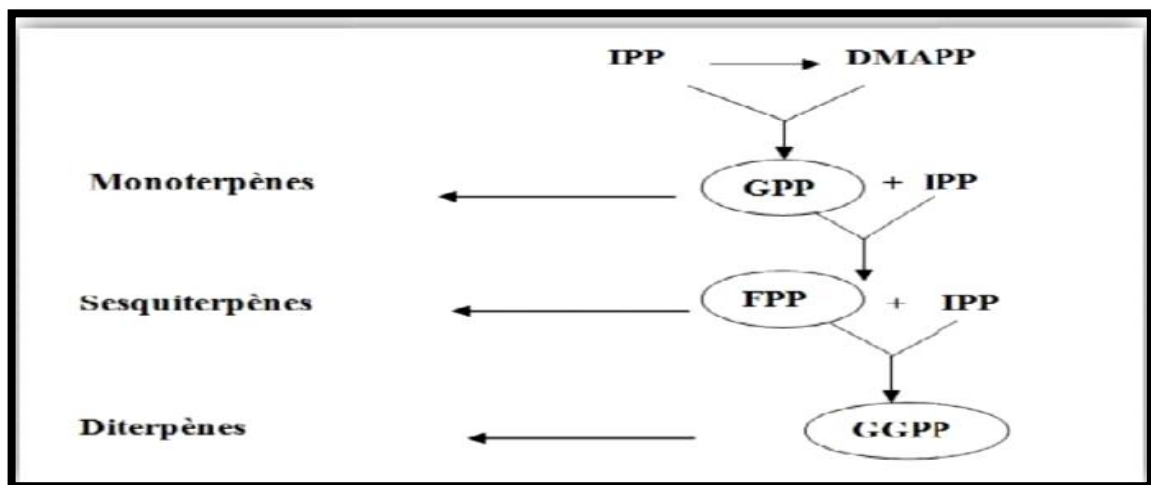


Figure II.(21) : Schéma général de la biosynthèse des terpènes.(Baali et Rouha, 2017).

- La seconde voie, la voie non mévalonique : (méthylérythritol phosphate (MEP)). Elle commence par la condensation d'une unité pyruvate (C3) avec une unité de glycéraldéhyde 3-phosphate (C3) et conduit au méthylérythritol phosphate, un composé intermédiaire en C5. Plusieurs étapes enzymatiques conduisent ensuite à la synthèse de PPI<sub>3</sub>.

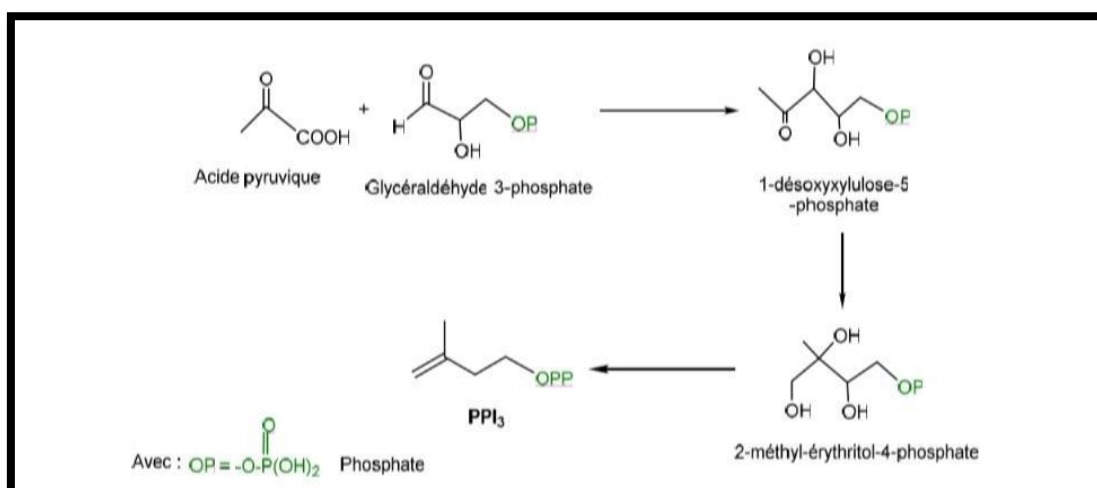


Figure II.(22) : Schéma général de la biosynthèse des terpènes par la voie du méthylérythritol phosphate. (Chenni, 2015)

#### ❖ Voie des phénylpropanoïdes:

La biosynthèse des dérivés du phénylpropane se fait par l'intermédiaire de l'acide shikimique qui représente le principal mode d'accumulation des phénols dans les plantes. Cette voie fait intervenir une série de réactions et représente le chemin biosynthétique des acides aminés aromatiques (phénylalanine, tryptophane, tyrosine).

L'acide shikimique est obtenu par condensation de l'acide pyruvique activé par phosphorylation sur un sucre phosphorylé. L'addition d'une deuxième molécule d'acide pyruvique activé fournit l'acide pré-phénique qui par déshydratation et décarboxylation donne l'acide phénylpyruvique. Cet acide aromatique se transforme en phénylalanine, acide aminé aromatique, qui est à l'origine du métabolisme des composés aromatiques. (Oulaiet Sadouni, 2017).

#### ❖ Rôle physiologique :

Le rôle physiologique des huiles dans le rôle végétal est encore inconnu. Cependant, la diversité moléculaire des métabolites qu'ils contiennent leur confère des rôles et des propriétés biologiques, ils permettent à la plante de se défendre contre les agressions extérieures. Ils contiennent des propriétés attractives ou répulsives vis-à-vis des prédateurs (herbivores, insectes, etc...) à travers leurs odeurs, et participent également à la

pollinisation. Ainsi, grâce à son pouvoir antiseptique, il protège les cultures en empêchant la multiplication des bactéries et des parasites du sol. De plus, les huiles essentielles absorbent la lumière et la chaleur lors de l'évaporation, régulant ainsi la transpiration des plantes et limitant la quantité de chaleur qui atteint les tissus végétaux. (Taleb-Toudert, 2015).

### 2.3.5. Rôle physiologique compose phénoliques

Des travaux plus anciens (Nitsch et Nitsch, 1961 ; Alibert et al, 1977, cité par Bahorun, 1997) ont montré que les phénols seraient associés à de nombreux processus physiologiques : croissance cellulaire, différenciation organogène, dormance des bourgeons, floraison et tubérisation.

Les composés phénoliques participent aux mécanismes d'inhibition tégumentaire : au moment de la germination, l'oxydation des phénols capte une partie de l'oxygène nécessaire à la reprise de l'activité respiratoire de l'embryon ce qui retarde la sortie de la plantule (Guignard, 1996). Les flavonoïdes montrent des propriétés intéressantes dans le contrôle de la croissance et du développement des plantes en interagissant d'une manière complexe avec les diverses hormones végétales de croissance (Marfak, 2003). La capacité d'une espèce végétale à résister à l'attaque des insectes et des micro-organismes est souvent corrélée avec la teneur en composés phénoliques (BateSmith, 1973, cité par Aron, 2007), et c'est l'exemple de l'implication des composés phénoliques du palmier dattier dans les réactions de défense de cette plante contre le bayou, maladie infectieuse due un champignon tellurique : *Fusariumoxysporumf.* sp. (Daayf et al, 2003).

# ***Chapitre III***

## ***Activité Biologique***

## 1. Activité antioxydant.

### 1.1. Les radicaux libres

#### 1. Définition des radicaux libres

Les radicaux libres sont un atome ou une molécule qui porte sur sa couche électronique périphérique un ou plusieurs électrons non appariés, c'est-à-dire non couplés à un électron de spin opposée, ce qui les rend instables (Desmier, 2016) pour trouver leur paire d'origine, source de stabilité. Les radicaux libres attaquent d'autres atomes et leur «arrachent» ce précieux électron manquant ; cet atome isolé devient à son tour radical libre. (Bouhala et Bouhlais, 2013).

Ces radicaux libres sont indispensables à la vie car ils participent à de nombreuses influences physiologiques lors de la croissance ou de la défense d'un organisme. En effet, ils participent à l'action de certaines enzymes, à la transduction de la signalisation cellulaire, à la défense immunitaire contre les agents pathogènes, à la différenciation cellulaire, par contre, une production excessive de radicaux libres conduit à des dommages directs sur diverses molécules biologiques, l'ADN, le butène, , lipides, et devra l'être L'organisme doit se protéger de ces excès grâce à divers systèmes antioxydants.(Aouag, 2017).

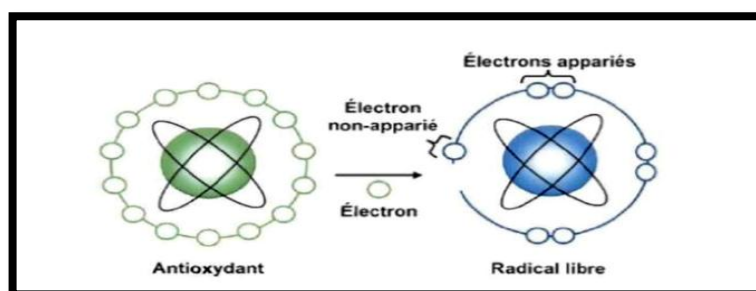


Figure II.(23): Neutralisation d'un radical libre par un antioxydant (Aouag, 2017)

#### 2. Classification des radicaux libres

Radicaux libres primaires : ils sont formés par le transfert d'électrons à l'atome d'oxygène. Ils se caractérisent par une durée de vie moyenne très courte tels l'anion superoxyde ( $O_2^{\cdot-}$ ) et le radical hydroxyle ( $OH^{\cdot}$ ), ou de l'azote tel le monoxyde d'azote ( $NO^{\cdot}$ ). D'autres espèces dérivées de l'oxygène dites espèces actives de l'oxygène, comme l'oxygène singulet ( $^1O_2$ ), le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) ou lenitroperollxyde

(ONOOH), ne sont pas des radicaux libres, mais sont aussi réactives et peuvent être des précurseurs de radicaux.

Radicaux libres secondaires : ce sont ceux formés par le transfert d'un radical primaire à un atome d'une molécule organique ou par la réaction de deux radicaux primaires entre eux. Ils se caractérisent par une durée de vie moyenne plus longue que celle des radicaux libres primaires tel que le radical peroxy( $\text{ROO}^\bullet$ ) qui est formé après que le radical  $\text{O}_2^-$  ou  $\text{OH}^\bullet$  ait agi sur un acide gras insaturé de la membrane cellulaire. (Hadri,2015).

### 3. Principe sources de production des radicaux libres

Des radicaux libres sont produits par un grand nombre de mécanismes tant endogènes qu'exogènes.

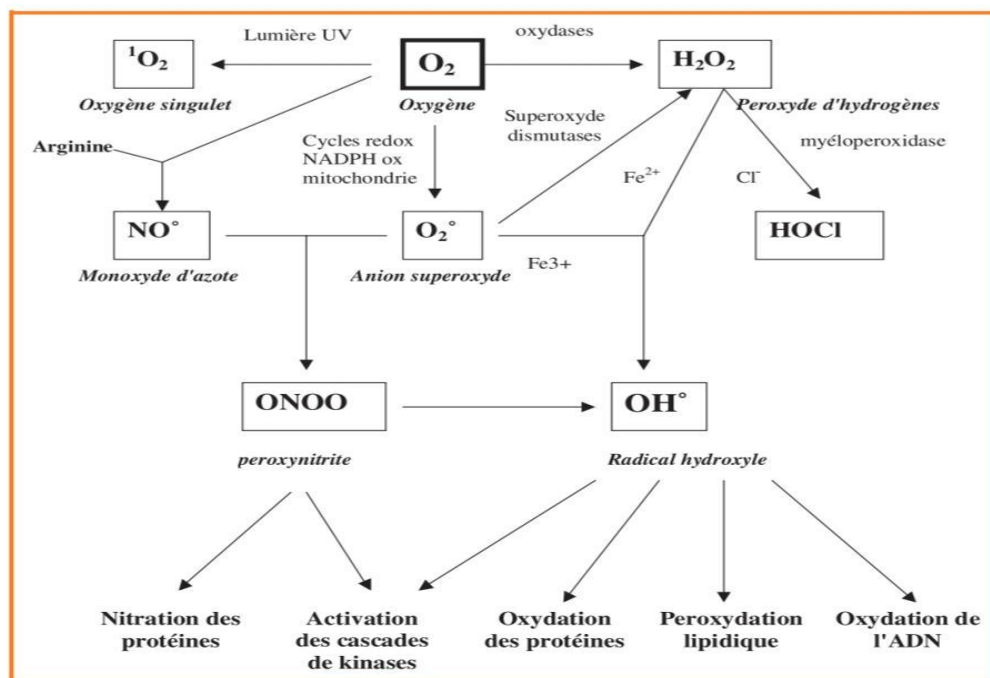
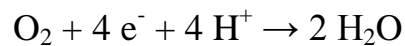


Figure II.(24):Origine des radicaux libres( Telaidji, 2017)

## A. Sources endogènes

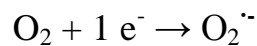
### ❖ Mitochondries

La principale source de production cellulaire de radicaux libres est les mitochondries. , 95% de l'oxygène capté est réduit en eau par la chaîne Transfert d'électronique mitochondrial selon l'équation suivante :

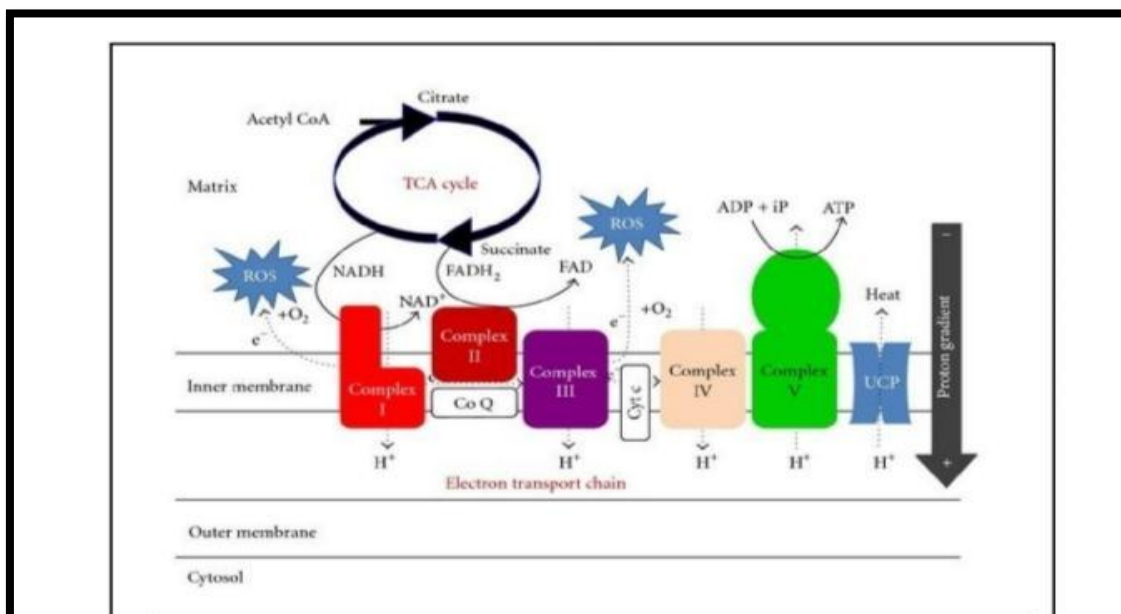


Cette réaction est importante car elle fournit à la cellule toute l'énergie dont elle a besoin sous forme d'adénosine triphosphate (ATP) pour remplir ses multiples fonctions. (Favier, 2003 ; Ré et al, 2005).

Le procédé n'est pas idéal car une faible proportion d'oxygène (2 à 5%) subit une mono-réduction d'électrons qui conduit à la formation de radicaux superoxy de



(Rezaire, 2012).



TCA: tricarboxylic acid, NADH & NAD : nicotinamide adenine dinucleotide reduced form & oxidized form, FADH2 & FAD, flavin adenine dinucleotide reduced form and oxidized form, ADP: adenosine diphosphate, ATP: adenosine triphosphate, Co Q: coenzyme Q, Cyt c: cytochrome c, UCP: uncoupling protein.

**Figure 25: Chaîne de transport d'électrons et production de ROS dans les mitochondries(Shinmura, 2013)**

❖ la NADPH oxydase

Les cellules phagocytaires (polynucléaires et macrophages) possèdent une enzyme membranaire, la NADPH oxydase, qui utilise l'oxygène moléculaire pour produire de grandes quantités d'anions super oxyde nécessaire à la destruction d'éléments étrangers qui seront

Finalement phagocytés selon la réaction suivante:

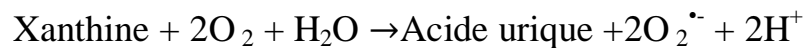


(Desmier, 2016).

❖ La xanthine oxydase ( XO )

Est une enzyme qui utilise l'oxygène moléculaire comme un accepteur d'électrons en produisant l'anion superoxyde au cours de la réaction d'oxydation de l'hypoxanthine en xanthine et la xanthine en acide urique (Harrison, 2002).

Xanthine oxydase



(Pathak et al, 2017).

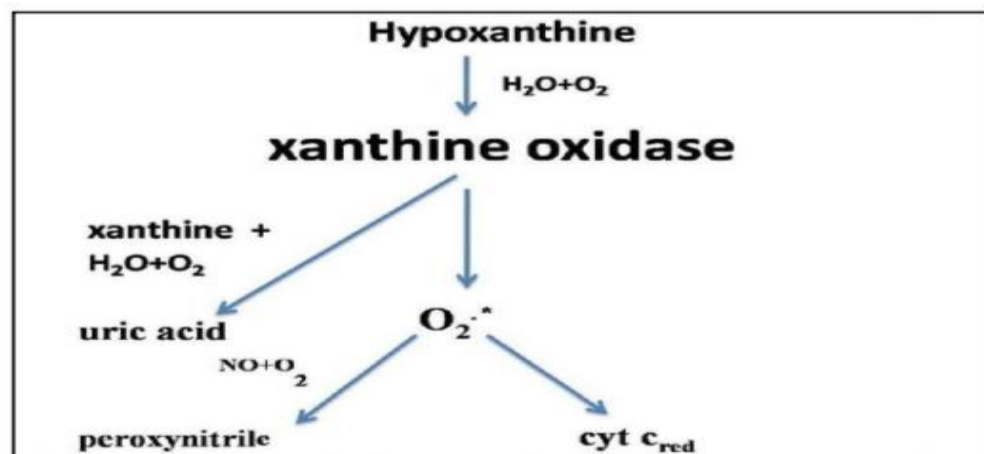


Figure III.( 26):Les voies catalysées par la xanthine oxydase (Pathak et al, 2017)

❖ Sources exogènes

Les radicaux libres peuvent être d'origine externe. Le rayonnement, qu'il s'agisse du neuvième rayon X ou gamma, conduit à l'émergence de radicaux libres en divisant la partie

eau en deux parties. Les rayons UV sont également capables de produire des super anions ou un seul oxygène. Les polluants atmosphériques et industriels sont une source majeure de Ros, en plus des toxines et des pesticides, ainsi que des métaux toxiques. (Hadri, 2015).

#### 4. Rôle des radicaux libres chez les plantes

Les ERO sont continuellement produites chez les plantes selon le métabolisme aérobie. En fonction de leur nature, certaines, très toxiques, sont rapidement détoxifiées par divers mécanismes enzymatiques et non-enzymatiques. Alors que les végétaux génèrent pléthore de processus pour combattre la croissance des ERO produites dans les conditions de stress abiotique (chocs thermiques, irradiation excessive, couche d'ozone, sécheresse, salinité.), dans d'autres circonstances, ils peuvent tout aussi engendrer délibérément des ERO au titre de molécules signal afin de contrôler de nombreux phénomènes comme la défense contre des pathogènes (stress biotique), la mort cellulaire programmée (apoptose) et le comportement stomatique. (Nadji, 2010).

##### 1.2.Stress oxydatif

###### 1.2.1. Définition de stress oxydatif

Le stress oxydatif (ou oxydant) a été défini par Sies (1997) comme une perturbation de la balance entre le pro oxydants et les antioxydants, en faveur des premiers, conduisant à des dommages potentiels. Le stress oxydatif est la conséquence de :

- la diminution du niveau des antioxydants et/ou
- l'augmentation de la production d'ERO(Soualem, 2014).

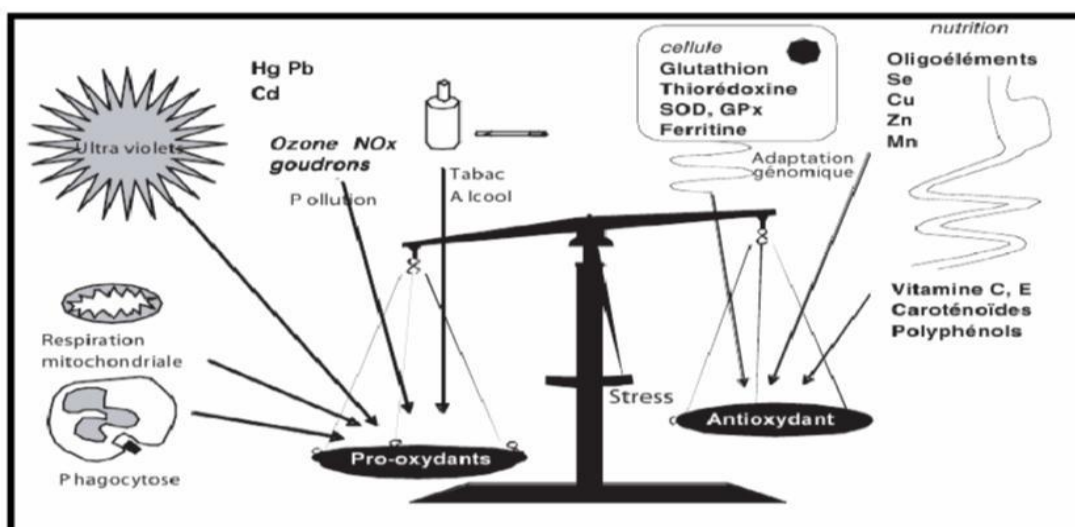


Figure III.( 27):Action des antioxydants au cours du métabolisme des dérivés réactifs de l'oxygène

### 1.2.2. Le stress oxydatif et son origine

Les radicaux libres sont produits par divers mécanismes physiologiques car ils sont utiles pour l'organisme à doses raisonnables. Cette production physiologique est parfaitement maîtrisée par des systèmes de défense. Dans les circonstances normales, on dit que la balance antioxydants / pro oxydants est en équilibre. Si tel n'est pas le cas, que ce soit par déficit en antioxydants ou par suite d'une surproduction énorme de radicaux, l'excès de ces radicaux est appelé « stress oxydant ». (Favier, 2003).

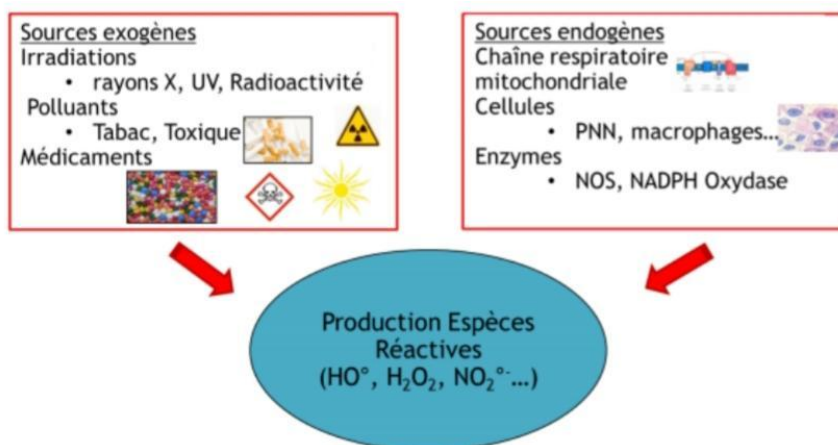


Figure III.( 28) : Les origines des espèces réactives (Boudjellal, 2019)

### 1.3. Antioxydant

#### 1.3.1. Définition d'antioxydant

Le terme "antioxydant" est défini de plusieurs façons, dans la littérature. Le mot antioxydant, signifie "quelque chose qui est opposé à oxydation. "Antioxydant est résistant à l'oxydation ou inhibe les réactions induites par l'agent oxydant (Damir et al, 2014).

Un antioxydant peut être défini comme toute substance ou molécules capables de réduire les effets de l'oxygène, significativement retarde ou empêche l'oxydation.

Les antioxydants sont capable de piéger les radicaux libres en captant l'électron célibataire, en les transformant en molécules ou en ions stables. (Boudjllal, 2019)

#### 1.3.2. Origine ou sources des antioxydants

On distingue deux sources d'antioxydants : l'une est exogène apportée par l'alimentation essentiellement les fruits et les légumes (antioxydants non enzymatiques), l'autre est endogène représentée par des enzymes (antioxydants enzymatiques).(Boudjllal, 2019).

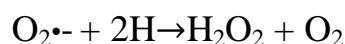
**Le tableau III. (03): suivant montre quelques principaux antioxydants enzymatiques et nonEnzymatiques. (Tomas, 2016)**

Les antioxydants enzymatiques :(endogènes)	Les antioxydants non enzymatiques :(exogènes)
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Le superoxydedismutases (SOD)</li><li>▪ La catalase (CAT)</li><li>▪ La glutathionperoxydase (GPX)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ La vitamine E</li><li>▪ La vitamine C</li><li>▪ Les caroténoïdes</li><li>▪ Les polyphénols</li></ul>

### A. Les antioxydants enzymatiques

La cellule est pourvue de systèmes de défense très efficaces. Plusieurs enzymes peuvent catalyser des réactions de détoxification des différents pros oxydants. Les antioxydants enzymatiques sont capables d'éliminer les radicaux libres primaires de façon permanente et efficace, en transformant l'anion  $\text{OH}^\ominus$  et le  $\text{H}_2\text{O}$ , en produits non toxiques : l'eau et l'oxygène moléculaire. Les antioxydants enzymatiques sont principalement trois enzymes : lesuperoxydedismutases, la catalase et les peroxydases

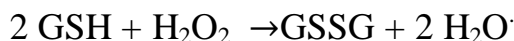
- Les superoxydedismutases (SOD) qui catalysent la dismutation de l'anion superoxyde en peroxyde d'hydrogène (Frank et al, 2002).



- La catalase qui catalyse la dismutation du peroxyde d'hydrogène en l'élimination de celui-ci. L'activité de la catalase est coordonnée avec la concentration en  $\text{H}_2\text{O}_2$



- La glutathion peroxydase (GPX) qui décompose aussi le peroxyde d'hydrogène en uunsann le glutathion comme donneur d'hydrogène



(Boudjllal, 2019).

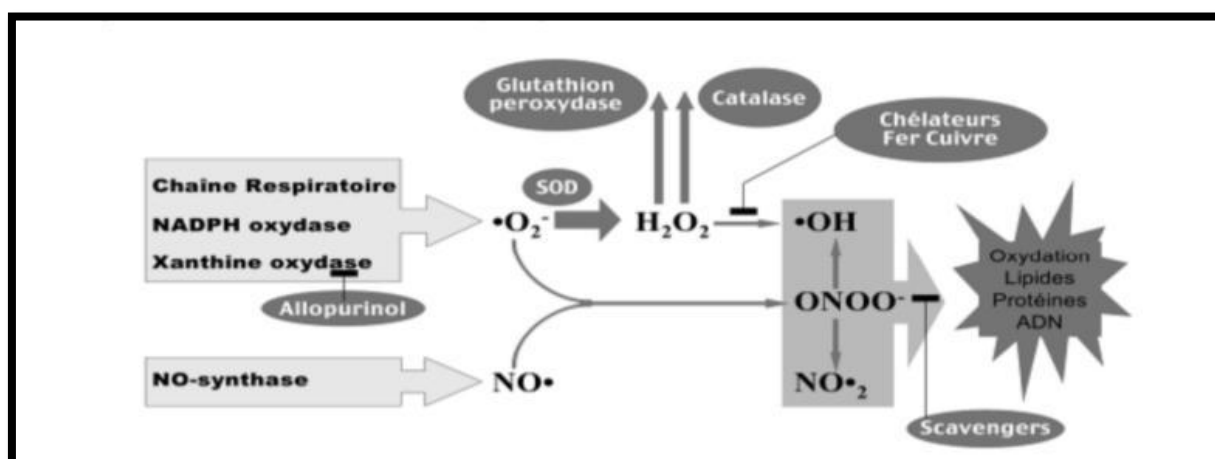


Figure III. (29) : D'action des antioxydants au cours des métabolismes des dérivés réactifs de l'oxygène (Chaouche, 2020)

## **B. Les antioxydants non enzymatiques :**

Divers piègeurs de radicaux libres non enzymatiques peuvent prendre en charge la détoxification d'un grand nombre de radicaux libres. Ces composés sont facilement oxydables, relativement stables et conduisent à des dismutation permettant l'arrêt des réactions radicalaires en chaîne, Les antioxydants non enzymatiques sont principalement : La vitamine E, La vitamine C Les caroténoïdes et Les polyphénols. (Jean-philippe, 2012).

### **a. La vitamine E**

C'est un terme qui désigne un ensemble de composés phénoliques appelés tocophérols ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\hat{U}$ ,  $\delta$ ) ou tocols. Ils diffèrent les uns des autres par la position des groupes méthyles sur le cycle aromatique. Où elle joue un rôle protecteur efficace en empêchant la propagation de la peroxydation lipidique induite par les espèces réactives. (Tomas, 2016).

### **b. La vitamine C**

La vitamine C protège l'ADN, les protéines, les lipides, les enzymes et d'autres antioxydants par le piégeage des radicaux libres et la réduction des ions métalliques. (Tomas, 2016).

### **c. Les caroténoïdes**

Les caroténoïdes sont généralement de bons capteurs de radicaux hydroxyles  $\text{OH}\cdot$  et peroxydes RO. Ils sont donc susceptibles d'inhiber les chaînes de peroxydation lipidique. Les caroténoïdes peuvent aussi capter l'oxygène singulet, ce qui leur permet d'exercer une protection vis-à-vis des dommages induits par les rayons ultraviolets.(Djenii, 2019).

### **d. Les polyphénols**

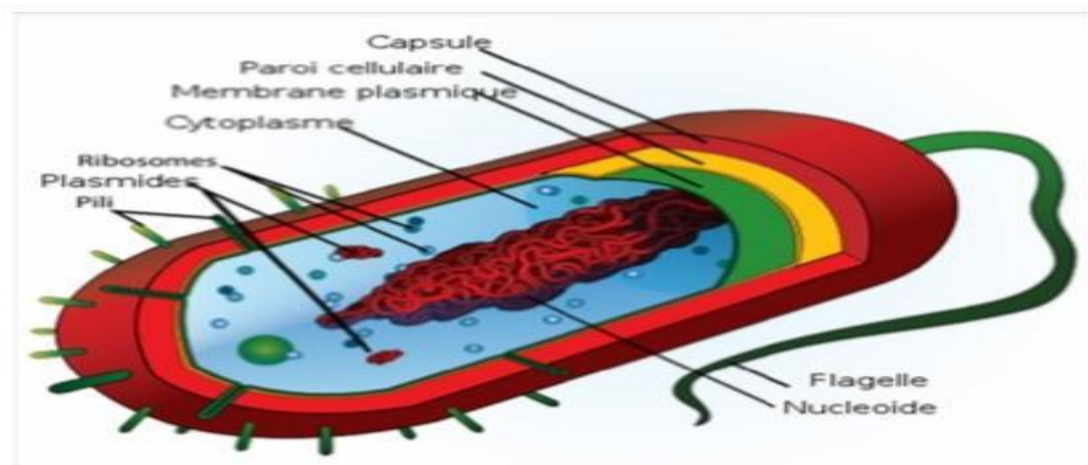
Les polyphénols sont connus par leur activité antioxydant qui est due à la présence d'un nombre important de groupements hydroxyles phénoliques. Les propriétés redox de ces composés leur permettent d'agir en tant qu'agents réducteurs, donateurs d'hydrogène et éliminateurs de l'oxygène singulet. Certains montrent des propriétés chélatrices de métaux et d'autres peuvent empêcher la production enzymatique des ERO. (Abdelatif et Fodili, 2019).

## 2. Activité antibactérienne

### 2.1. Définition

Les bactéries sont les plus petits organismes doués de métabolisme et capables de croître et de se diviser au dépens de substances nutritives. Ce sont des cellules procaryotes (leur ADN n'étant pas localisé dans un noyau), car ils ne possèdent pas de membrane nucléaire. Ce caractère les distingue des autres organismes unicellulaires classés parmi les eucaryotes (champignons, algues, protozoaires). (Hamadouche, 2019).

Les bactéries ont généralement un diamètre inférieur à 1 $\mu$ m. On peut les voir au microscope optique, à l'état frais ou après coloration (Ladaimia). Leur forme peut être sphérique (cocci), en bâtonnet (bacilles), incurvée (vibriors) ou spiralée (spirochètes). Les détails de leur structure ne sont visibles qu'en microscopie électronique. (André, 1947)



*Figure III .(30) : structure des bactéries (Cottinet, 2013).*

## 2.2. Structures de la cellule bactérienne

### A. L'élément constant

#### - La paroi

C'est une enveloppe rigide assurant l'intégrité de la bactérie, donc responsable de la forme des cellules. la partie commune à toutes les parois bactériennes est le peptidoglycane (ou muréine), enveloppe la plus interne. (Celestin, 2016).

La paroi bactérienne Gram-positif est constituée presque exclusivement de peptidoglycane comme composant principal (90% des composants de paroi), auquel les polymères d'acide tique sont liés. (Yahiaoui, 2014).

La paroi des bactéries Gram-négatives est plus complexe : le peptidoglycane est une couche mince de faible densité (<15% poids sec), entourée de deux membranes. La membrane interne est principalement composée de phospholipides tandis que la membrane externe a une structure asymétrique, avec une face interne composée de phospholipides et une face externe caractérisée par la présence de lipopolysaccharides (LPS). (Yahiaoui,2014).

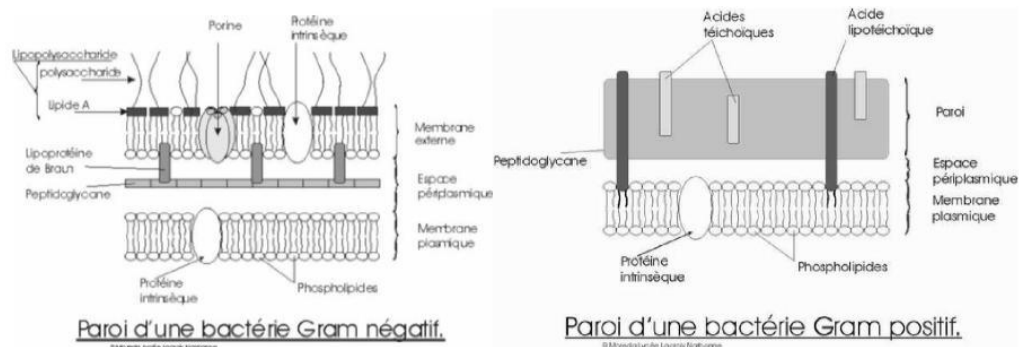


Figure III.(31): Structure moléculaire de la paroi des Gram négatives et positives

(Yahiaoui, 2014)

#### - La membrane cytoplasmique

La membrane cytoplasmique est une structure interne à l'interface entre le cytoplasme et les structures externes, constituée de phospholipides et de protéines, et son rôle est d'échanger des substances avec l'environnement externe (transport) et de lier la respiration ou les enzymes photosynthétiques. (Celestin, 2016).

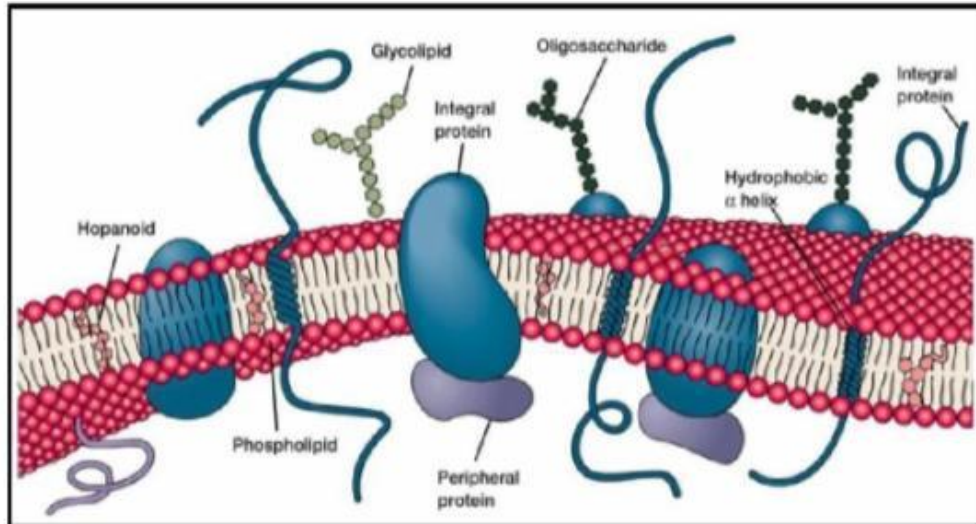


Figure III .(32) : Structure de la membrane cytoplasmique bactérienne

### - Le cytoplasme

Le cytoplasme est une solution de sels minéraux, de composés lipoprotéiques solubles, de nucléoprotéines et de graisses, et se compose de ribosomes et de leurs ribosomes associés, de matériel génétique (ADN, plasmides) et de matériaux de réserve (amidon). (Hamadouche, 2019).

## **B. Les éléments inconstants**

### - La capsule

La capsule est un élément de certaines cellules bactériennes situées à l'extérieur de la paroi. Elle est constituée chimiquement souvent de polyholsides chez les Gram négatives et de polypeptides chez les Gram Positives. La capsule permet à la bactérie de résister à la phagocytose, la protège contre dessèchement, contre certains virus infectieux, et permet à la bactérie de résister à certains produits toxiques comme les détergents. (Celestin, 2016).

### - Les flagelles

Les flagelles et les cils sont des éléments protéiques (flagelline) qui ont un rôle :

- dans le transport des bactéries
- antigène utilisé pour la différenciation entre les espèces bactériennes. (Hamadouche, 2019).

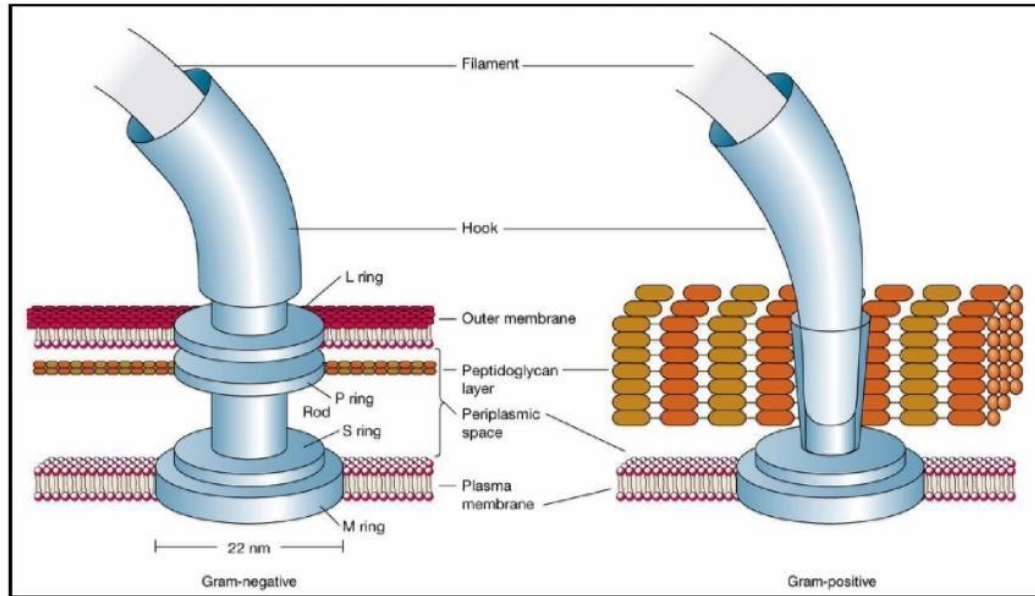


Figure III.(33) : Structure du flagelle de bactéries Gram négative s et positives(Celestin, 2016).

#### - Pili ou fimbriae

Pili ou fimbriae Chez les bactéries à Gram négatif (exceptionnellement à Gram positif) peuvent exister des structures fibrillaire et rigide situées à la surface, plus fines que des flagelles : les pili ou fimbriae.(Cottinet, 2013).

#### - Spore bactérienne

Spore bactérienne Certaines bactéries, entre autres d'intérêt médical (genre Clostridium et Bacillus), ont la propriété de se différencier en formes de survie appelées spores. Elles se présentent sous une forme végétative métaboliquement active et potentiellement pathogène ou métaboliquement inactive et non pathogène (forme sporulée). (Patrice, 1999).

### 2.3. Description des bactéries étudiées

#### ❖ *Pseudomonas aeruginosa*;

Les espèces *pseudomona saeruginosa* sont des bacilles à gram négatif, ces bactéries fies sont de 1 à 5 Um de long et de 0.5 à 1 un de large. Elles sont mobiles grâce à une ciliature de type polaire monotriche.ce type de bactéries possède un aspect de ((vol moucheron)) *p aeruginosa* ne forme ni spores ni sphéroplastes elle est responsable de 10,9% des micro-organismes responsables d'infections (à la troisième place après Escherichia coli et Staphylococcus aureus) (Pecastaings,2010).

❖ *Escherichia coli*

appartient à la famille des enterobacteriaceae (Brama,1972),ce sont des bacille à gram négatif de forme non sporulée ,de type anaérobie facultative ,généralement mobile grâce aux flagelles .les bactéries appartenent à l'espèce E. coli constituent la majeure partie de la flore microbienne aérobie du tube digestif de l'homme et de nombreux animaux. Certaines souches sont virulentes ,capables de déclencher spécifiquement chez l'homme ou chez certaines espèces animales (Cottinet, 2013).

❖ *Staphylococcus aureus*

Les espèces *Staphylococcus aureus* sont des cocci à Gram positif, de forme sphérique, avec un diamètre de 0.8 à 1 um Elles sont regroupées en tétades ou en petits amas (grappe de raisin). Ce type de bactéries sont immobiles, spoliés, habituellement sans capsule. De nombreuses souches de *Staphylococcus aureus* produisent un pigment jaune doré. (Hennekinne, 2009).

## *Chapitre IV*

*activités biologiques des substance  
naturelle végétales isolés des  
quelques espèce.*

## 1. Lavanadula:

### 1.1. Classification

– *Lavandula dentata*.

- Règne : Plantae.
- Embranchement: Spermaphytes.
- Sous-embranchement:  
Angiospermes.
- Class: Dicotylédones.
- Ordre : Lamiales.
- Famille : Lamiacées.
- Genre : Lavandula.
- Espèce : *Lavandula dentata L.*



FigureIV.( 34) :*Lavandula dentata L.* (MELLOUK 2016).

– *Lavandula pedunculata L.*

- Règne : Plantae.
- Embranchement : Spermaphytes.
- Sous-embranchement :  
Angiospermes.
- Classe : Dicotylédones.
- Ordre : Lamiales.
- Famille : Lamiacées.
- Genre : Lavandula.
- Espèce : *Lavandula pedunculata L.*



Figure IV (35): *Lavandula pedunculata L* (MELLOUK 2016).

1.2. Criblage phytochimique.

Tableau IV. 04 : Résultats du screening phytochimique des deux espèces de lavande étudiée (Bachiri et al 2017).

Métabolites secondaires		<i>L.dentata</i>	<i>L.pedunculata</i>
Tanins	Caté chiques	++	+++
	Galliques	++++	+++
Flavonoïdes	Anthocyanes	++++	++++
	Flavones	++++	+++
	Flavanone	-	-
Dérivés Anthracéniques	O-hétérosides	-	+++
Composés Réducteur	Oses et holosides	-	++
Terpénoïdes	Stérols et tri terpènes	++++	++++

Les résultats ont montré des différences entre les deux espèces, au niveau des O-hétéroside, Oses et holosides, ils sont absents dans la lavande dentée et fortement présente dans la lavande pedunculata.

Par conséquent, cette différence chimique entre les lavandes pourrait avoir des implications sur leurs activités biologiques. Outre l'influence du bio environnement (climat et sol), les deux espèces proviennent de deux localisations différentes, le génotype pourrait être responsable d'une telle différence.

### 1.3. Activité antifongiques

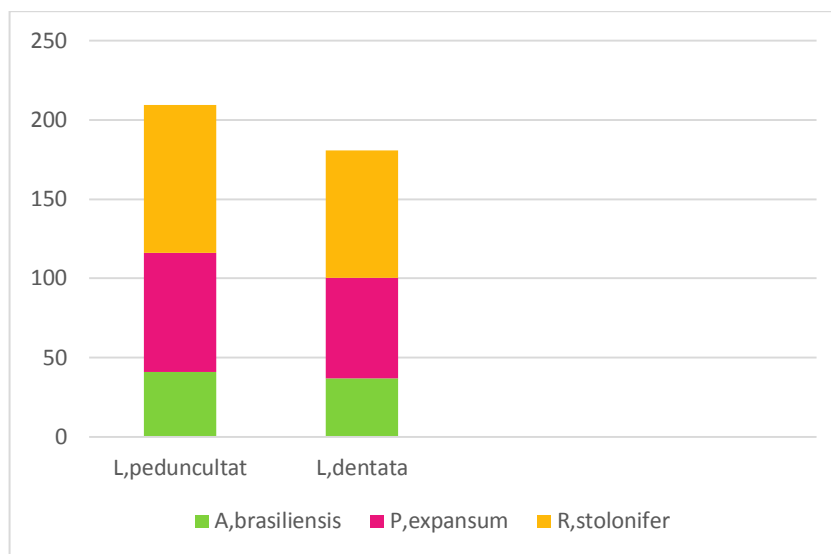


Figure IV.( 36): Représentation graphique de la Pourcentage d'inhibition (moyenne  $\pm$  écart type) dela croissance mycélienne *Rhizopus stolonifer*, de *Penicillium expansum* et *Aspergillus brasiliensis* en fonction de la concentration de l'huile essentielle.

Les résultats du test de l'activité antifongique par (Bachiri et al 2017) l'essence de la lavande pédonculée est plus active en comparaison à celle de lavande dentée.

### 1.4. Activité antibactérienne

Tableau IV.( 05) : l'activité antibactérienne de l'huile essentielleles deux espèces (Mellouk 2016)

Espèce	Volumes ( $\mu$ l)	S. aureus	K. pneumonies	P. mirabilis	E. coli
<i>L. dentata</i>	5	11,10 $\pm$ 0,10	10,10 $\pm$ 0,10	8,10 $\pm$ 0,10	10,03 $\pm$ 0,06
	10	13,07 $\pm$ 0,12	11,03 $\pm$ 0,06	10,10 $\pm$ 0,10	11,10 $\pm$ 0,10
	15	19,03 $\pm$ 0,06	12,17 $\pm$ 0,29	10,23 $\pm$ 0,21	11,23 $\pm$ 0,21
	20	20,10 $\pm$ 0,10	18,03 $\pm$ 0,00	12,30 $\pm$ 0,26	12,10 $\pm$ 0,17
<i>L.p edunculata</i>	5	8,03 $\pm$ 0,06	8,13 $\pm$ 0,15	9,00 $\pm$ 0,00	10,03 $\pm$ 0,06
	10	11,10 $\pm$ 0,10	9,03 $\pm$ 0,06	9,03 $\pm$ 0,06	10,07 $\pm$ 0,12
	15	14,10 $\pm$ 0,10	12,13 $\pm$ 0,15	9,07 $\pm$ 0,12	14,10 $\pm$ 0,1
	20	15,13 $\pm$ 0,15	13,1 $\pm$ 0,10	10,10 $\pm$ 0,10	15,07 $\pm$ 0,12

On constate à travers les résultats obtenus par (Bachiri et al)une plus le volume est élevé, plus l'effet inhibiteur des huiles essentielles et on note également que l'activité antibactérienne de l'huile essentielle pour l'espèce *L.dentata* était supérieure à celle de

l'espace *L.pedunculata*, et nous indiquons également que l'huile essentielle pour les deux espace est active contre tous les types de bactéries gram (+) et gram (-). Grâce à cela, nous pouvons conclure que les huiles essentielles et les extraits Les deux types ont un pouvoir bactéricide par rapport aux souches utilisées.

## 2. Genre: *Thymus*.

### 2.1. Clasification.

- *Thymus numidicus L* (TOUHAMI 2017).

- Règne : Plantae (végétal).
- Embranchement : Spermaphytes (phanérogames).
- Sous embranchement : Angiospermes.
- Classe : Dicotylédones.
- Sous classe : Métachlamydées (gamopétales).
- Ordre : Tubiflorales.
- Sous ordre : Verbéninées.
- Famille : Labiacées (labiées).
- Genre : *Thymus*.
- Espèces : *Thymus numidicus L*



*Figure IV.( 37): Thymus numidicus L*

- *Thymus Fontanesii L*.

- Règne : Plantae (végétal).
- Embranchement : Spermaphytes (phanérogames).
- Sous embranchement : Angiospermes.
- Classe : Dicotylédones.
- Sous class : Métachlamydées (gamopétales).
- Ordre : Tubiflorales.
- Sous ordre : Verbéninées.
- Famille : Labiacées (labiées).
- Genre : *Thymus*.
- Espèces : *Thymus Fontanesii L*.



*Figure IV. (38) : Thymus Fontanesii (TOUHAMI 2017).*

## 2.2. Composition chimique

- Composition de l'huile essentielle du *T. numidicus*:

40 composants, représentant 99.7% de l'huile essentielle du *T. numidicus*, ont été identifiés (chromatogramme 1). Cette huile est majoritairement composée de thymol (68.2 %), carvacrol (16.9%), linalol (11.5%), p-Cymène (1.0%) et de  $\gamma$ -Terpinene (0.3%)

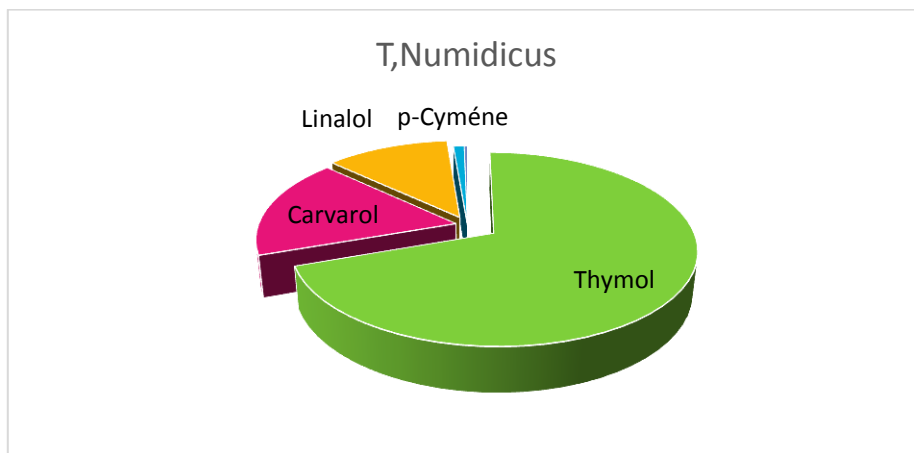


Figure IV.( 39): le composant majoritaire des HE du *T. Numidicus*

- Composition de l'huile essentielle du *T. fontanesii*:

De manière analogue à l'étude de l'huile précédente, nous avons identifié, 15 composants représentant 99.4% de l'huile essentielle (chromatogramme 2) majoritairement composée de thymol (67.8 %),  $\gamma$ -terpinène (15.9%), p-cymène (13.0%) et de carvacrol (1.7 %) et de Linalol(0.3. %)

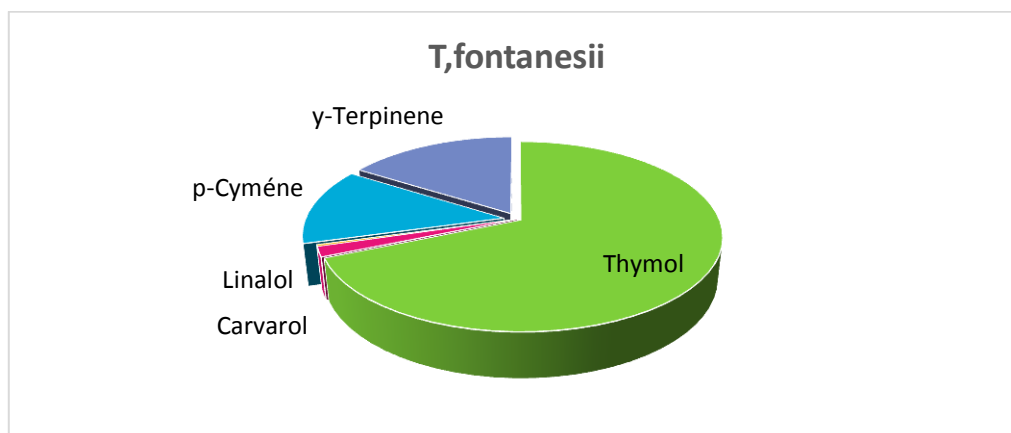


Figure IV. (40): le composant majoritaire des HE du *T. Fontanesii*.

D'après les deux figures comparatives des principaux composants des huiles des deux espèces, on constate que les deux espèces, sont riches en thymol, mais dans des proportions différentes, où le rapport *T. Fontanesii* est légèrement inférieur à celui de *T. numidicus*.

### 2.3. Activité antibactérienne

Comme le montre le figure , toutes les souches ont répondu positivement, les diamètres d'inhibition les plus grands ont été observées avec l'huile du *T. numidicus* vis-à-vis de *Bacillus subtilus* , *Staphylococcus aureus* , *Enterococcus faecalis* , et *Escherichia coli* alors que l'huile essentielle du *Thymus fontanesii* a manifesté une meilleure activité vis-à-vis de *Proteus mirabilis* et *Klebsiella pneumoniae*.

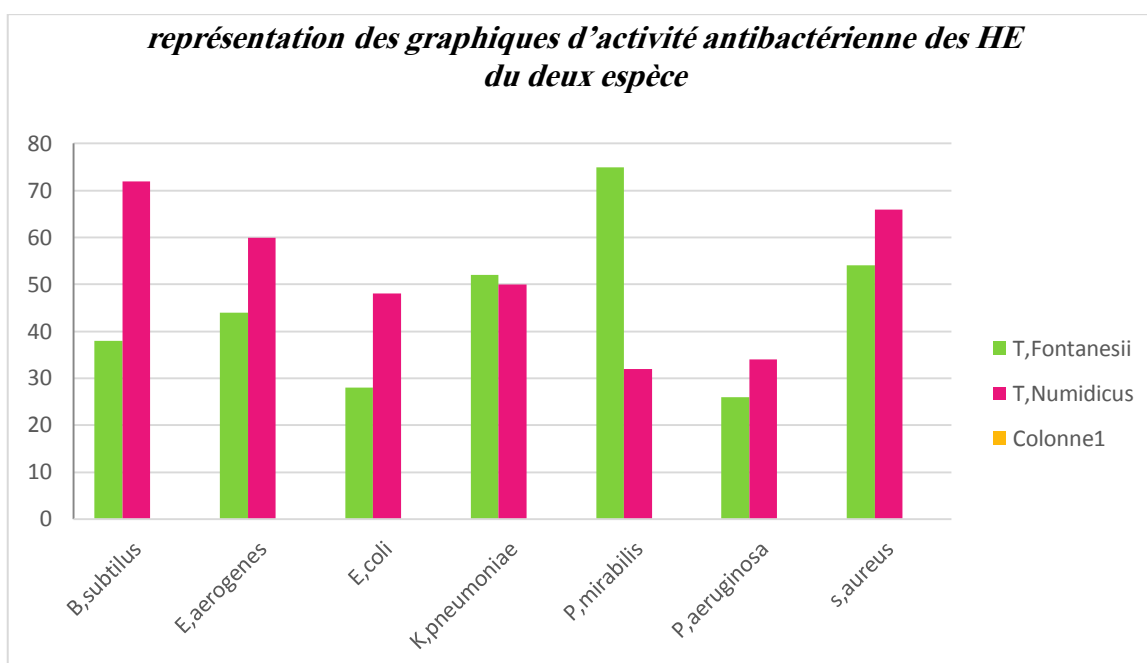


Figure IV.( 41): représentation des graphiques d'activité antibactérienne des HE du deux espèce

L'huile essentielle de *Thymus numidicus* a montré une meilleure activité antibactérienne vis-à-vis des souches testées présentant des zones d'inhibition. Ceci est probablement dû à la teneur élevée en thymol + carvacrol (68,20 + 16,92 %).

### 3. Le genre *Mentha*.

#### 3.1. Classification.

– *Mentha spicata L*

- Règne : Plantae.
- Embranchement : Spermaphytes.
- Sous-embranchement :  
Angiospermes.
- Classe : Dicotylédones.
- Ordre : Lamiales.
- Famille : Lamiacées.
- Genre : *Mentha*.
- Espèce : *Mentha spicata L*.



Figure IV.(42): *Mentha spicata L*

– *Mentha rotundifolia L.*

- Règne : Plantae
- Embranchement : phanérogames.
- Sous-embranchement : Angiospermes.
- Classe : Dicotylédones.
- Ordre : Lamiales.
- Famille : Lamiacées.
- Genre : *Mentha*.
- Espèce : *Mentha rotundifolia L.*



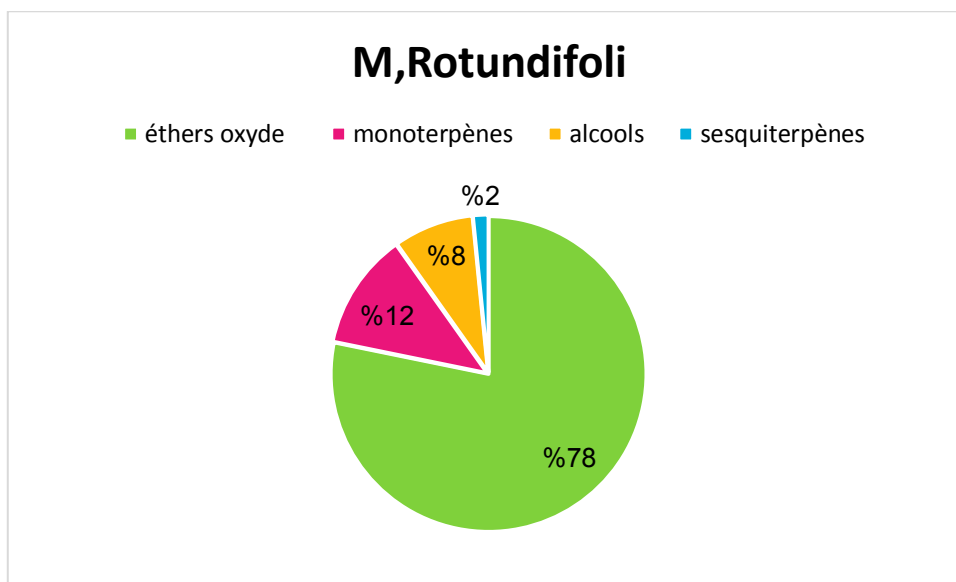
Figure IV.(43) :*Mentha rotundifolia L.*

#### 3.2. Composition chimiques :

– **Composé chimiques**

Après les résultats des analyses fait apparaitre qu'huile essentielle de *M. Rotundifoli* est constituée de 58 composés ce qui correspond à 51.39% % de la totalité d'huile. La composition en pourcentage des principales classes de familles de l'huile de la *Mentha*

Rotundifolia (tableau ) révèle qu'elle est riche en éthers oxyde 59,36 % suivi par les sesquiterpènes 12,31 % puis les monoterpènes 9,09 % et enfin par les alcools 6,25 % .Le composé majoritaire des M. Rotundifolia est cis-piperitone oxide (49%) ,piperitenone oxide (10.04%) et carvone ( 6.46%) et d'autres composants étaient présents dans un faible pourcentage. (Benazzouz et Hamdane 2017).



**Figure IV. (44): composition des HE d'espèce M. Rotundifoli**

– **M.spicata**

(Benazzouz et Hamdane 2017).A effectué l'analyse qualitative et semi-quantitative du benzène hydrodistillé par GC où la détermination a été effectuée en utilisant le couplage GC/MS. Il s'avère que l'huile de base de M.spicata L est constituée de 52 composés ce qui correspond à 58.85% de la totalité d'huile. Le composé principale des M.spicata lest Carvone (18%), Limonène (12.96%) et  $\beta$ -Mycènes (5,38%). Il comporte également une grande partie de monoterpène (23,88) %), cétones (21,95%) mais des alcools, esters, sesquiterpènes et éther oxydase en faible pourcentages (5.17%\_4,47%\_3,25% \_0,03% successivement).

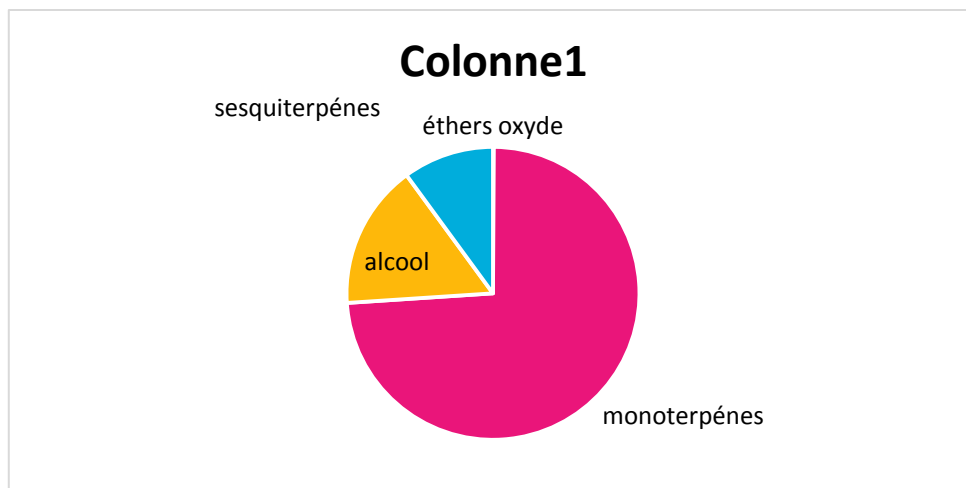


Figure IV.(45):composition des HE d'espèce *M.spicata*

### 3.3. Activité antioxydant Menthe (*M. Rotundifolia*, *M .spicata* L):

A la lumière de ces résultats, les huiles essentielles des feuilles des deux espèces de menthe poivrée ont montré une activité antioxydant mais dans des proportions différentes, car on remarque une activité antioxydant plus faible pour une concentration de 1 mg/ml M.S par rapport au M. R. En général, la puissance des antioxydants dépend de la mobilité de l'atome d'hydrogène des composés phénoliques de l'huile essentielle. En présence de radicaux libres, l'atome H DPPH est transféré à ce dernier et se transforme en une molécule stable DPPH-H, ce qui entraîne une diminution de la concentration en radicaux libres.

Tableau. IV.(06) : Activité antioxydant (%) évaluée par le radical DPPH de HE (Benazzouz et Hamdane 2017).

Echantillon	Activité piégeage du Dpph (% CR)
<i>M. Rotundifolia</i>	27.74
<i>M.spicata</i>	35.42

### 3.4. Activité antibactérienne

A travers les résultats du tableau, nous notons que :

*Candida albican* et *S.aureus* ont montré une sensibilité variable aux huiles, car il a été constaté que *M.spicata* avait l'activité antimicrobienne la plus élevée avec le diamètre 7 cm \_ 2,5 cm respectivement, par rapport à *M. Rotundifolia* avec le diamètre 3cm \_ 1cm

respectivement .Quant à E. coliet Steph. Pyogènes aucune région d'inhibition n'a été observée.

**Tableau.IV (07) . Diamètres des zones d'inhibitions. (Benazzouz et Hamdane 2017).**

<b>Souches</b>	<b>Diamètre de la zone d'inhibition (Cm)</b>	
	<i>M.spicata L</i>	<i>M.rotundifolia</i>
Candida albican	7	3
E. Coli	/	/
S.aureus	2.5	1
Strep. Pyogenes	/	/



***Conclusion***

### Conclusion

L'Algérie, porte d'entrée de l'Afrique, avec son climat très diversifié (méditerranéen au nord et désertique au sud) et sa position géographique particulière bénéficie d'une flore riche et diversifiée répartie sur l'ensemble du sol algérien. En effet, le nord algérien présente une large palette d'espèces endémiques adaptées au climat de la région et appartenant à différentes familles parmi elles : Lamiacées, Astéracées, Apiacées, etc.

La famille des lamiacées est l'une des familles les plus répandues dans le règne végétal, où il existe environ 6000 espèces réparties en 636 espèces, qui sont des plantes herbacées, annuelles ou vivaces aromatiques, des sous-arbustes et rarement des arbres, se distinguant par leur capacité à produire un matériau naturel très diversifié. En effet, à côté des métabolites primaires classiques (glucides, protéines, lipides, acides nucléiques), ils accumulent souvent des métabolites dits secondaires dont la fonction physiologique n'est pas toujours claire mais représentent une source importante de molécules que l'homme peut utiliser dans divers domaines comme la pharmacologie. grâce à leurs propriétés antifongiques Contre les bactéries et l'oxydation, qui peuvent être isolées de différents organes végétaux (tige, feuilles, racines) par plusieurs techniques, qu'elles soient modernes ou traditionnelles.

*Références*

*bibliographiques*

*Références bibliographiques*

➤ A.

Abdelatif, M., Fodili, A. (2019). Phytochemical analysis and antioxidant activities of leaves extracts of two varieties of date palm (Deglet Nour and Ghars) grown in Algeria. Mémoire de master .Univ.M'sila, p.45-46.

Abedini, A. (2013). Evaluation biologique et phytochimique des substances naturelles d'*Hyptis atrorubens* poit. (Lamiaceae), sélectionnée par un criblage d'extraits de 42 plantes. Thèse de doctorat. Univ.Lille nord France, p.46.

Adjoud, A. (2018). Auto écologie et biologie de la conservation de *phlomis crinita* (Lamiaceae) des monts de tessala, Algérie occidentale. Thèse e doctorat troisième cycle. Univ.Sidi bel Abbes, p.3.

Aider, N. (2015) .Etude des matériaux me soporeux appliques a la rection de knoevenagel. Thèse de doctorat. Univ .Tizi-Ouzou, p.37.

Allaoua, N., Lamriben, H. (2017) .Etude de l'activité antibactérienne desalcaloïdes d'un mélange de *Phœnix dactylifera* et *Matri caria pubesens*. Mémoire de master. Univ. Bejaia, p.4-5.

André, B. (1947). Bactéries et virus, presses.Univ. France, p.15.

Annunziata, F., Pinna, C., Dallavalle, S., Tamborini, L., Pinto, A. (2020). An Overview of Coumarin as a Versatile and Readily Accessible Scaffold with Broad-Ranging Biological Activities. *Molecular* 21(13) :4618.

Aouag, A., Boutout, A., Channiki, K. (2016). Etude de l'activité antioxydant in vitro et l'activité laxative in vivo des polysaccharides extraits du *laurus nobilis* L. Mémoire de master. Univ. Constantine, p.15.

Aurélia, P. (2018). Action antioxydant et antimicrobienne de composés phénoliques dans des milieux modèles et des émulsions riches en lipides insaturés .Thèse de doctorat. Univ. Paris-Saclay, p.3.

➤ **B.**

Baali, K., Rouha, H.(2016).Activité antioxydants des huiles essentielles antioxydants des huiles essentielles extraites de quelques plantes de la famille de quelques plantes de la famille desLamiaceae. Mémoire de master. Univ. Bejaia, p.4-5.

Bachiri, L ; Bammou, M ; Echchegadda, G El Rhaffari ; Ibjibjen, J ; El Rhaffari, L ; Haloui, Z. Nassiri, L.2017. Composition Chimique Et Activité Antimicrobienne Des Huiles Essentielles De Deux Espèces De Lavande : Lavandula Dentata Spp. Dentata Et Lavandula Pedunculata Spp. Pedunculata spp.european scientifique journal vol.13no.21 Issn : 187-7881 .P :293.

Bechlaghem, N., Boudjemai,W. (2015).Contribution à l'étude phytochimique des métabolites secondaires (tanin, flavonoïdes et alcaloïdes) des racines de *Carlina acaulis*L. (Tafgha) de la région de Tlen. Mémoire de master. Univ .Tlemcen, p.18.

Benabdelaziz I (2019) .Cours de principales sources naturelles de substances actives, UNIVERSITE ZIANE ACHOUR .P.18.

Benarab, H. (2021). Effets des huiles essentielles de l'Armoise blanche (*Artemisia herba-alba* Asso.), l'Eucalyptus (*Eucalyptus globulus* Labill.) et le Harmel (*Peganum harmala* L.) sur la germination des graines des adventices des cultures. Thèse de doctorat. Univ. Stif, p.16.

Benazzouz, A., Hamdane, A. (2017). Etude et analyse des plantes médicinales Algérienne : *Mentha pulegium*, *Mentha rotundifolia* et *Mentha spicata* L.Univ Tizi-ouzou, p.53-64.

BENDIF, H. (2016\_2017). Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques in vitro des extraits actifs de quelques Lamiaceae : *Ajuga iva* (L.) Schreb., *Teucrium polium* L., *Thymus munbyanus* subsp. *Coloratus* (Boiss. & Reut.) Greuter & Burdet et *Rosmarinus eriocalyx* Jord &Fourr. Thés de doctorat. Univ. Alger, p.5.

Bessas,A. (2008). Dosage biochimique des composés phénoliques dans les dattes et le miel récoltés dans le sud algérien. Mémoire pour obtention du diplôme d'ingénieur d'état en biologie. Univ. Sidi Bel Abbes

Bhar, H., Balouk cne, A. (2011).Les plantes romantiques et médicinales. L'espace marocain N 68, p.26-28.

Boizot, N., Charpentier, J. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Chier des techniques de L'INRA, p.79.

Bouchaala, M. (2018). Etude phytochimique, caryologique et activités biologiques des huiles essentielles du genre *elichrysum* Auct. Plur. de l'Est Algérien. Thés de doctorat. Univ. Sétif 1, p.22.

Boudjellal, F. (2019) .*Seseli praecox* L.des sources principales actives contribution théorique. Mémoire de master. Univ.M'sila, p.43-44.

Bouhala, R., Boulhais,M. (2013). Evaluation de quelques activités biologiques d'une plante endémique "*Limonium sp*" .Mémoire de master. Univ deConstantine, p.15.

Boulade, C. (2018).*Lamiaceae* : caractéristiques et intérêts thérapeutiques à l'officine. Thés de docteur en pharmacie. Univ Toulouse poule sapatier, p.30.

Boulberhane, S., Nabti, H. (2017\_2018).Etude phytochimique et évaluation de l'activité antibactérienne et l'activité antifongique des deux plantes: *Artemisia compestris* L. et *Ephédra alata alenda* Staph. Mémoire de master. Univ. Constantine, p.34.

Bouras, A. (2019).Contribution à l'étude phytochimique de la famille *Fabaceae*. Mémoire de master. Univ.M'sila, p.46.

Brama, S. (2002).Activité antibactérienne d'extraits d'*Euphorbia hirta* (Linn), une plante utilisée traditionnellement dans le traitement des infections urinaires. Thèse de docteur en pharmacie. Univ d'Ouagadougou, p.19.

Brunton J. Pharmacognosie photochimie plantes médicinales 3ème édition. Paris)

➤ C.

(2018): Medicinal plants of the family *lamiaceae* as functional Foods. A review.czech J. Food sci, 34:377-390.

Carovic-stanko, K., Petek, M., Gradisa,M., Pintar,J., Besdekovic,D., Herak custic, M., Satovic, Z.

Celestin, K. (2016). La cellule bactérienne morphologies et structures bactériennes. Ue8-de l'agent infectieux à l'hôte, p.5.

Chaouche, T.(2020). Activités biologiques de quelques plantes médicinales. Univ. Tlemcen. (10).13140.

Chenni,M. (2015).Etude comparative de la composition chimique et de l'activité biologique de l'huile essentielle des feuilles du basilic "Ocimum basilicumL." extraite par hydrodistillation et par microonde's .Univ. Oran ,p.18.

Cottinet, D. (2013). Diversité phénotypique ET adaptation chez Escherichia coli étudiées en millifluidique digitale.Univ.pierree ETMarie curie, p.21-23.

➤ **D.**

Damir, A., Drago,Š., Midhat, J., Hatidža, P., Đurđica, A. (2014). Antioxidant properties of pollen. Hrana u zdravlje i bolesti, znanstveni-stručni časopis za nutricio nizam i dietetik. 3, p.6-12.

Daniéle, F. (2020). Ma bible es huiles essentielles. Paris, p.15.

Das, A., Islam, M., Faruk, O., Ashaduzzaman, M., Dungani, R. (2020).Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities, South African Journal of Botany 135:58 – 70.

Desmier, T. (2016). Les antioxdats de nos jours : Définition et application, Univ. Limoges, p.15-16.

Djenidi, H. (2019).Activité antioxydante et antiradicalaire des aliments d'origine végétale consommés dans les régions de biskra et sétif. Univ. Sétif 1, p.26-27.

Donatien,K. (2008). Enquête Ethnobotanique De Six Plantesmédicinales Maliennes - Extraction, Identification D'alcaloïdes -Caractérisation, Quantification Depolyphénols : Etude De Leur Activitéantioxydante. Univ . Paul Verlaine De Metz –Upv- M (France),p.30\_50.

Dunet, M. (2009).Réactions de Michael et de mannich appliquées a des arylocyclohexa-2.5- dienes en vue de la synthèse d'alcaloïdes de type aspidosperma et morphinanes. Thèse de doctorat. Univ. Bordeaux I, p.8.

➤ **E.**

\*Elkollı, M. (2017). Cours : structure et activités des substances naturelles : principes et applications. Univ. Ferhat Abbas de Sétif, p.20.

El Tahchy, A. (2010). Étude de la voie de biosynthèse de la galanthamine chez *Leucojumaestivum* L. – Criblage phytochimique de quelques Amaryllidacées. Thèse de doctorat. Univ. Henri Poincaré Nancy, p.20.

➤ **F.**

Fauconnier, M. (2019). Les huiles essentielles : enjeux et perspectives. Univ. Cheikh Anta Diop, p.14.

Favier, A. (2003). Le stress oxydant Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. L'actualité Chimique, p.108.

➤ **G.**

\*Ghedira, K. (2005). Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie. Tunisie*, 4. 162-169.

➤ **H**

Hadri, N. (2015). Etude phytochimique et activité antioxydant d'extrait de plantes *Sedum villosum*. (Orpin) et *Anabasis articulata* Moq. (Forsk). Thèse de doctorat en biologie cellulaire et biochimie. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des Sciences de la Terre et de l'Univ, p.22 ,23 .

Hamadouche, H. (2019). Coure de la cellule bactérienne. Univ. Oran, p.1.

Hennekinne, J. (2009). Nouvelles approches pour la caractérisation des toxi infections alimentaires à staphylocoques à coagulase positive, *Agroparistech*, p.16-19.

➤ **I.**

\*Ismail, M. (2015). Flavonoïdes Classification, Isolation and Identification, p.1.

➤ **J.**

Jdidi, I. (2015). Etude phytochimique et activités biologiques des extraits et des huiles essentielles de foeniculum vulgare mill. Mémoire de master. Univ. Tunisie, p.11.

Jean-jacques, M., Annie, F., Christian,J. (2005). Les composés phénolique des végétaux un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Univ.Romandes, CH – 1015 Lausanne, p. vii.

Jean-philippe,B. (2012). Etude de la capacité antioxydant en lien avec la reproduction chez l'huitre creuse crosspostera gigas. Thèse de doctorat. Univ. Bretagne occidentale, p.7.

➤ **K.**

Kabouche, A. (2005).Etude phytochimique de plantes médicinales appartenant à la famille des lamiaceae, université de Constantine, p.18.

Kabouche, Z. Boutoghone., La ggoune, S., Kabouche, A. Ait - kakiz. Benlabed, K. (2005).Analysis of the essential oil of teucrium polium ssp.ourasiacum from Algeria. Journal of essential oil research; 19; 44-46.

Khoury,M.,Stien,D.,Eparvier,V.,Ouaini,N.,Elbayrouthy,M.(2016).Raport on the medicinal use of eleven lamiaceae species in Lebanon and rationalization of their antimicrobial potential by examination of the chemical composition and antimicrobial activity of their essential oils-evidence-based complementary and alternative medicine , Hindawi publishing corporation,2016(6),pp.547169-10-1155/2016/2547169.hal-01431207.

Kishor, D. (2016). Secondary Metabolites & Plant Defense Life Sciences Seoul National University,p24.

➤ **L.**

Ladaimia, S.Cours de microbiologie générale L2 Ecologie et environnement - Hydrobiologie marine et continentale, p.5.

Larbi, M., Ziani, S. (2018). Etude de l'activité antioxydantet antibactérienne de l'extrait aqueux defeuilles de Malva sylvestris L. Univ. Tizi-Ouzou, p. 8.

Lazziri, F., Zikem, D. (2008). Etude de métabolisme secondaire (flavonoïdes) Chez les plantes médicinales des ombellifères, Univ. M'sila, p.12.

➤ **M.**

Maallem, M., Nada-Abia, M. (2019). La famille des Lamiaceae. Mémoire de master. Univ. Annaba, p.3.

Mebarki, N. (2010). Extraction de l'huile essentielle de *Thymus fontanesii* et application à la formulation d'une forme médicamenteuse-antimicrobienne, Univ. Boumerdes, p.49.

Melle Menasria, L. (2013). Etude des teneurs en alcaloïdes d'une plante médicinale «*Matricaria pubescens*» et la détermination de leurs activités antibactériennes. Univ. Bejaia, p.6.

Mellouk, A. (2016). Contribution à l'étude de l'effet antioxydant de l'extrait éthanoïques et méthanoïques de deux lavandes locales (*Lavandula multifida* L. et *Lavandula dentata* L.). Univ. Tlemcen, p.7.

Menad, B., Dalis, S. (2017). Extraction et caractérisation des principaux constituants chimiques des trois plantes aromatiques de la famille des Lamiacées. *Mentha viridis*, *Rosmarinus officinalis* et *Salvia officinalis*, Univ. Mostaganem, p.20.

➤ **N.**

\*Nadji, B. (2010). Dérives phénoliques à activités antiathérogènes. Thèse de doctorat. Univ. Toulouse, p.13-14.

Nadour, H. Les métabolites secondaires. Univ. Oran, p.2.

Nadour, M. (2015). Extraction, caractérisation des polysaccharides et des polyphénols issus des sous-produits oléicoles. Valorisation des polysaccharides à visée alimentaire. Univ. Tizi-Ouzou, p.39-40.

Nagina, F. (2016). Plant Phenolic, Univ. Sbkw, p.2-12.

Naoui, Reggab, A. (2019). Etude quantitative des composés phénoliques de *Nepeta* Algériens. Univ. M'sila, p.16-20.

➤ **O.**

Ouali, T., Sadouni, Y. (2017). Evaluation in vitro des activités antioxydant et anti-inflammatoire des huiles essentielles de l'écorce de Citrus limon. Univ. Bejaia, p.9.

➤ **P.**

Pathak, K., Rahman, S., W. Bhagawati, S. (2017). An Overview of Antioxidant and Free Radicals-A Review Article. Chem Sci Rev Lett, 6(21), 246.

Patrice, M. (1999). Utilisation de l'uv dans l'étude de la germination bactérienne. Mémoire de master. Univ. Québec, p.2.

Pecaings, S. (2010). Apport de modèles de biofilms à *Pseudomonas aeruginosa* et *Legionella pneumophila* à la maîtrise de la qualité microbiologique des réseaux d'eaux minérales naturelles. Univ. Toulouse, p.34.

Quezel, P., Santa, S. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed, Centre national-paris, p.781.

➤ **R.**

Rezaire, À. (2012). Activité anti-oxydante, et caractérisation phénolique du fruit de palmier amazonien *Oenocarpus Bataua* (patawa). Univ. Antilles et de la Guyane, p. 50.

Ronat, N. (2001). La melisse (*Melissa officinalis L.*). Univ Joseph Fourier, p.10.

➤ **S.**

Saffidine, K. (2015). Etude analytique et biologique des flavonoïdes extraits de *Carthamus caeruleus L.* et de *Plantago major L.* Univ. Ferhat Abbas Sétif 15.

Sahpaz. (2017). Les Polyphénols - UE5 : Pharmacognosie, p.5.

Sahpaz. (2017). Pharmacognosie : Pharmacognosie : les polyphénols, p.4.

Sahraoui (2014\_2015). Les Huiles Essentielles, Laboratoire de pharmacognosie, p.2-4.

Shinmura, K. (2013). Effects of caloric restriction on cardiac oxidative stress and mitochondrial bioenergetics: potential role of cardiac sirtuins. Oxidative medicine and cellular longevity.

Soualem, Z. (2014). Activités biologiques du Seigle et du Sorgho Chez le rat « Wistar » rendu diabétique par la Streptozotocine, Univ. Tlemcen, p.15.

Stankovic, M. (2020). Lamiaceae species biology, Ecology and practical uses, Serbia, p.10.

➤ **T.**

Taleb-Toudert, K. (2015). Extraction et caractérisation des huiles essentielles de dix plantes aromatiques provenant de la région de Kabylie (Nord Algérien). Evaluation de leurs effets sur le bruché du niébé *Callosobruchus Maculatus* (Coleoptera : Bruchidae). Univ. Tizi-Ouzou, p.11-12.

Telaidji, A. (2017). Caractérisation chimique et activités biologiques (in vitro et in vivo) de l'extrait méthanolique de *Juniperus phoenicea* L. Univ. Constantine, p.21.

Tidjani, S. (2016). Etude Phytochimique et Evaluation Biologique de L'espèce *Senecio delphinifolius* Vahl. , Univ. Constantine, p.13.

Tomas, D. (2016). L'antioxydant e nou jour : defintion et application. Thèse de doctorat. Univ. Limoges, p.33.

Touami, M., Bellahsene, C. (2016). Examen phytochimique et Pouvoir antimicrobien et anti-radicalaire des extraits de *Nepeta amethystina* (Gouzia) de la région d'Aïn Sefra (Algérie). Univ. Tlemcen, p.33.

Touati, I., Mahmoudi, Z. Contribution à l'étude de l'effet des huiles essentielles de *Mentha piperita* et de *Thymus numidicus* sur la croissance de l'oïdium sur les cultures maraichères. Univ. Boumerdes, p.13.

Turcati, L. (2014). Les plantes en famille. Natureparif. Paris, p.36.

➤ **Y.**

Yahiaoui, B. (2014). Cours de microbiologie générale, p.21-22.

➤ **V.**

Vercautere, J. (2011\_2012). UNSPF Plan, Formules et illustrations du cours de pharmacognosie, Univ. Montpellier, p.131.

Vercauteren, J. (2011-2012). Plan, formules et illustration du cours pharmacognosie. Univ. Montpellier I, p.205-206.