

*République Algérienne Démocratique et Populaire*

*Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

*Université ABDERRAHMAN MIRA - Bejaia*

*Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie*

*Département de Biologie physico-chimique*

## *Mémoire de Master*

**Filière :** Biologie.

**Option :** Pharmacologie Moléculaire.

*Thème*

*Activité Antioxydante des Alcaloïdes  
de Fumaria officinalis*

**Présenté par :** M<sup>elle</sup> : *TEMINE Fahima.*

Membre de jury :

**Présidente :** M<sup>me</sup> BEDJOU Fatiha

**Promotrice :** M<sup>me</sup> ABDERRAHIM Sabiha.

**Examineur :** M<sup>me</sup> BAKDI Houria

**Examineur :** M<sup>me</sup> BENMESSAOUD Yasmine

Grade et lieu :

(M.C.A université de Bejaia).

(M.A.A université de Bejaia).

(M.A.A Université de Bejaia).

(M.A.A Université de Bejaia).

*Année : 2012-2013*

# Remerciements

*J'aimerais remercier Tout d'abord, et avant toute chose Dieu le clément le tout- puissant, de m'avoir donnée la force et le courage d'aller au bout de mon objectif et de pouvoir mener ce travail à terme.*

*AU terme de ce modeste travail qui est le fruit de plusieurs années de formation je tiens à remercier vivement :*

*Ma promotrice M<sup>me</sup> : **Abedrrahim Sabiha** pour avoir accepter de m'encadrer et pour la confiance qu'elle ma faite.*

*Je remercie chaleureusement M<sup>me</sup> **Bedjou Fatiha** pour avoir accepter de présider du jury et d'évaluer ce travail.*

*Je tiens à remercier M<sup>me</sup> **Benmessaoud Yasmine** et M<sup>me</sup> **Bakdi Houria** pour m'avoir consacrer de leur temps en me faisant l'honneur d'accepter d'examiner ce travail.*

*Ma reconnaissance va tout spécialement à M<sup>r</sup> **Bribi Noureddine**, pour ses précieux conseils et sa grande disponibilité pour l'aboutissement de ce travail.*

*Un grand merci à M<sup>elle</sup> **Adrar Sabah** et M<sup>elle</sup> **Saida** qui étaient si gentilles, pour leur entière disponibilité, bonne humeur, coopération ainsi que pour leur aide et leur encouragement*

*En fin je remercie les étudiantes **Kamela, Nadia, Sarah, Souhila** et **Siham** pour leur aide et leurs encouragements.*

# *D*édicaces

*Je rends grâce, à mon dieu de m'avoir donné le courage, la volonté, et la sagesse d'être patiente dans mes études.*

*Je dédie ce modeste travail à la lumière de ma vie, la prunelle de mes yeux, celle qui à toujours guidée mes pas ma maman chérie, l'être qui m'est le plus chère au monde pour son amour, sacrifice, soutien et patience durant toute ma vie. À mon papa, son soutien, merci d'avoir toujours voulu ce qu'il y a de mieux pour moi.*

*Ces deux précieuses créatures qui ont consacré leur existence pour bâtir la mienne, pour leur dévouement et leur affection, chose qui m'a assuré une vie heureuse, et le plus précieux des soutiens tout au long de mes études et de ma vie. Je ne saurais leur exprimer mon affection, mon amour et ma reconnaissance.*

*À ma chère sœur Salima et son mari Abd-El Ghani.*

*À mon précieux frère Salah et son épouse Nabila.*

*À mon adorable frère Fayçal et sa femme Djidja.*

*À mes deux bien aimés Foufi et Mounia sans lesquels ma vie n'aurait pas de sens.*

*Aux petits boutchoux de la famille surtout ma princesse Rania.*

*A mes très chères amies Dyhia, Lydia et Yasmine qui ont été toujours là pour moi et qui m'ont soutenues et supportés tout au long de mon cursus universitaire sans jamais se plaindre. Sans oublier les adorables Doudine, Sofiane, Moumen et Mami.*

*A tous ceux que j'ai rencontrés à l'Université, et avec qui j'ai passé des moments inoubliables, surtout ma promotion pharmacologie « 2013 ».*

*A tout ce qui m'ont aidé d'une façon ou d'une autre, de près ou de loin dans ce travail, je leur suis reconnaissante du fond du cœur surtout Amok qui était là dans les moments les plus difficiles.*

## *Liste des Figures*

<i>Numéro de la figure</i>	<i>Titre de la Figure</i>	<i>Numéro de la page</i>
<b>1</b>	Feuilles, fruits, fleurs et tiges de <i>Fumaria officinalis</i>	<b>2</b>
<b>2</b>	mécanisme de production des principaux ERO et ERN	<b>10</b>
<b>3</b>	Les systèmes de défense contre les radicaux libres	<b>13</b>
<b>4</b>	Principales étapes de la défense enzymatique contre les espèces de l'oxygène réactives	<b>15</b>
<b>5</b>	Structure de la vitamine E	<b>16</b>
<b>6</b>	Structure de la vitamine C	<b>16</b>
<b>7</b>	Structure de la $\beta$ -carotène	<b>17</b>
<b>8</b>	photographie de la plante fraîche de <i>Fumariaus officinalis</i>	<b>20</b>
<b>9</b>	Carte géographique de Bejaia avec la région de récolte de <i>Fumaria officinalis</i>	<b>21</b>
<b>10</b>	photographie de la poudre de <i>Fumariaus officinalis</i>	<b>22</b>
<b>11</b>	Schéma du protocole d'extraction des alcaloïdes de <i>Fmaria officinali</i>	<b>23</b>
<b>12</b>	Dispositif de Soxhlet au cours d'extraction	<b>24</b>
<b>13</b>	Oxydation de l'ABTS	<b>25</b>
<b>14</b>	Protocole d'étude de l'activité « scavenging » de la ABTS <sup>+</sup>	<b>26</b>
<b>15</b>	Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH	<b>27</b>
<b>16</b>	Protocole d'étude de l'activité « scavenging » du DPPH	<b>28</b>

<b>17</b>	protocole d'étude du pouvoir réducteur	<b>29</b>
<b>18</b>	Effet scavenger du DPPH des alcaloïdes de <i>Fumaria officinalis</i> à différentes concentrations.	<b>31</b>
<b>19</b>	activité scavenging du radical DPPH des standards à différentes concentrations.	<b>32</b>
<b>20</b>	activité scavenging du radical ABTS <sup>•</sup> des alcaloïdes de <i>F.officinalis</i> à différentes concentrations.	<b>34</b>
<b>21</b>	activité scavenging ABTS du Trolox à différentes concentrations	<b>35</b>
<b>22</b>	Pouvoir réducteur de la BHA en fonction de la concentration.	<b>36</b>
<b>23</b>	représentation graphique du pouvoir réducteur des extraits de <i>F.officinalis</i> et de la BHA à 100µg/ml.	<b>37</b>

## *Liste des tableaux*

<b><i>Numéro du Tableau</i></b>	<b><i>Titre du Tableau</i></b>	<b><i>Numéro de la page</i></b>
<b><i>I</i></b>	Classification botanique de <i>Fumaria officinalis</i> .	<b><i>3</i></b>
<b><i>II</i></b>	Les noms vernaculaires de <i>Fumaria officinalis</i> .	<b><i>3</i></b>
<b><i>III</i></b>	Principaux constituants chimiques de <i>Fumaria officinalis</i> .	<b><i>4</i></b>
<b><i>IV</i></b>	Activités pharmacologiques de <i>Fumaria officinalis</i> (Etudes <i>in vitro</i> et <i>in vivo</i> ).	<b><i>5</i></b>
<b><i>V</i></b>	Espèces actives de l'oxygène.	<b><i>8</i></b>
<b><i>VI</i></b>	Le rendement en alcaloïdes totaux de <i>fumaria officinalis</i> .	<b><i>30</i></b>
<b><i>VII</i></b>	Les IC50 des standards et des alcaloïdes de <i>F. officinalis</i> .	<b><i>33</i></b>

## *Liste des Abréviations*

<b><i>Abs</i></b>	absorbance
<b><i>ABTS</i></b>	Acide 2, 2-azino-bis-3-ethyl-BenzoThiazoline Sulfonique
<b><i>ADN</i></b>	Acide Désoxyribo Nucléique
<b><i>AT</i></b>	Alcaloïdes <i>T</i> otaux.
<b><i>BHA</i></b>	<i>B</i> utyl <i>H</i> ydroxy <i>A</i> nisole
<b><i>DPPH</i></b>	2,2-DiPhenyl-1-PicrylHydrazyl
<b><i>ERN</i></b>	Espèces <i>R</i> éactives de l'azote ( <i>N</i> itrogène).
<b><i>ERO</i></b>	Espèces <i>R</i> éactives de l' <i>O</i> xygène
<b><i>Fe<sup>2+</sup></i></b>	<i>Fer Ferrique</i>
<b><i>Fe<sup>3+</sup></i></b>	<i>Fer Ferreux</i>
<b><i>FeCl<sub>3</sub></i></b>	Chlorure <i>Ferrique</i>
<b><i>g</i></b>	Gramme
<b><i>IC<sub>50</sub></i></b>	Concentration Inhibitrice à 50%
<b><i>K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub></i></b>	Ferricyanure de <i>P</i> otassium



<b><i>MeOH</i></b>	<b>Methanol</b>
<b><i>mg</i></b>	<b>Milligramme</b>
<b><i>ml</i></b>	<b>MilliLitre</b>
<b><i>Mm</i></b>	<b>Millimolaire</b>
<b><i>mn</i></b>	<b>Minute</b>
<b><i>O<sub>2</sub></i></b>	<b>Oxygène</b>
<b><i>O<sub>2</sub><sup>•-</sup></i></b>	<b>Anion superoxyde</b>
<b><i>PH</i></b>	<b>Potentiel d'Hydrogène</b>
<b><i>PS</i></b>	<b>Poids Sec</b>
<b><i>ROS</i></b>	<b>Reactive oxygen species</b>
<b><i>T</i></b>	<b>Température</b>
<b><i>TCA</i></b>	<b>Acide Trichloracétique</b>
<b><i>TH</i></b>	<b>Taux d'Humidité</b>

<b><i>TEAC</i></b>	Capacité Antioxydante Equivalente Trolox
<b><i>μg</i></b>	Microgramme

# *Sommaire*

<i>Introduction</i> .....	1
---------------------------	---

## *I- Partie Bibliographique*

### *Chapitre I : Fumaria officinalis*

I-1. Description botanique de la plante .....	2
I-2. Répartition géographique .....	3
I-3. Classification botanique .....	3
I-4. Les noms vernaculaires .....	3
I-5. Composition chimique.....	4
I-6. Principales propriétés pharmacologiques de <i>Fumaria officinalis</i> .....	4
I-7. Utilisations traditionnelles de <i>Fumaria officinalis</i> .....	5

### *Chapitre II : Stress oxydatif et l'évaluation de l'activité antioxydante*

II-1. Les radicaux libres .....	7
II-1-1. Définition .....	7
II-1-2. Les principaux types de radicaux libres.....	7
II-2. Le stress oxydatif .....	10
II-2-1. Les effets du stress oxydatif.....	11
a) Oxydation des protéines .....	11

b) Oxydation de l'ADN .....	11
c) Oxydation lipidique.....	12
II-3. Les antioxydants .....	12
II-3-1. Définition .....	12
II-3-2. Le système de défense contre les radicaux libres ou système antioxydants .....	13
II-3-2-1. Les antioxydants endogènes ou enzymatiques .....	13
II-3-2-2. Les antioxydants exogènes ou non enzymatiques .....	15
a) La vitamine E (tocophérol) .....	15
b) La vitamine C (Acide ascorbique) .....	16
c) Les Caroténoïdes ( $\beta$ -carotène) .....	17
d) Les phytonutriments.....	17
II-3-2-3. Les Antioxydants de synthèses.....	18
II-4. Méthodes d'études de l'activité antioxydante .....	18
II-4-1. Test d'ABTS .....	18
II-4-2. Test DPPH .....	18
II-4-3. Pouvoir réducteur.....	18

## ***II- Partie Expérimentale***

### ***Chapitre I: Matériels et Méthodes***

I-1. Matériels .....	20
I-1-1. Matériels végétal .....	20
I-1-1-1. Description botanique de la plante.....	20
I-1-1-2. Habitat.....	20

I-1-2. Appareils et Réactifs .....	20
I-2. Méthodes .....	21
I-2-1. Préparation du matériel végétal.....	21
I-2-2. Extraction .....	22
I-3. Détermination de l'activité antioxydante des alcaloïdes de <i>Fumaria officinalis</i> .....	25
I-3-1. Activité scavenging d'ABTS .....	25
I-3-2. Activité scavenging du radical DPPH.....	27
I-3-3. Pouvoir réducteur .....	29

## ***Chapitre II: Résultats et discussions***

II-1. Taux d'extraction d'alcaloïdes .....	30
II-2. Evaluation de l'activité antioxydante de <i>Fumaria officinalis</i> .....	31
II-2-1. Effet « scavenging » du radical DPPH .....	31
II-2-2. Effet « scavenging » du radical ABTS <sup>•+</sup> .....	34
II-2-3. Le pouvoir Réducteur.....	36
<b>Conclusion.....</b>	<b>38</b>

### **Références bibliographiques.**

### **Glossaire.**

### **Annexes.**

**D**epuis l'antiquité, les plantes médicinales sont considérées comme une source majoritaire des produits utilisés en thérapeutique. De nos jours, le traitement par les plantes est reconnu pour sa facilité d'utilisation et son efficacité, et a tendance de plus en plus à se développer pour rechercher des molécules actives d'origine naturelle à causes des effets indésirables des produits chimiques synthétiques.

**L**es plantes ont constitué depuis toujours la source majeure de médicaments grâce à leur richesses en métabolites secondaires. Cependant, l'Homme n'a découvert leurs vertus bénéfiques que par une approche progressive (**Fouché et al. 2000**).

**L**es métabolites secondaires qui constituent ces plantes sont responsables de leurs effets, il s'agit : des composés phénoliques, des huiles essentielles, des alcaloïdes qui ont un effet inhibiteur sur les enzymes. Ces composés possèdent une capacité anti-oxydante très, importante et peuvent contribuer à une diminution du stress oxydatif (**Koyama et al. 1999**).

**L**es plantes du genre « *Fumaria* » sont très répandues dans notre région, leur utilisation dans la médecine traditionnelle couvre plusieurs pathologies. Ces plantes sont connues pour leurs multiples activités biologiques : anti-inflammatoires, antimicrobiennes, diurétique. Elles contribuent également à dissiper les troubles liés à une digestion difficile, leur effet calmant est utile en cas de nausées (**Iwasa et al. 2000 ; Iwasa et al. 2001**).

**L**e stress oxydatif et les moyens de le combattre, constituent un axe de recherche d'actualité. Dans cette optique l'étude et la recherche de substances antioxydantes d'origine végétale est d'un intérêt majeur.

**N**otre travail a pour objectif l'évaluation du pouvoir antioxydant des extraits d'alcaloïdes isoquinoléiques de *Fumaria officinalis* vis-à-vis du radical ABTS, DPPH, et leur pouvoir réducteur.

## I-Fumaria officinalis

### I-1-Description botanique de la plante

Appelée aussi Fumeterre, Fumaria est une plante herbacée annuelle ou bisannuelle, dressée ou diffuse, rarement grimpante (Goetz *et al.* 2009), elle présente (Figure 01):

- **Une tige** dressée de 30 à 70 cm, fortement rameuse (Cronquist, 1981). Si certaines espèces (*F. capreolata*) peuvent atteindre 1 m de haut, la plupart ne dépassent pas 50 cm.
- **Des feuilles** qui sont alternées de couleur gris-vertes, pennatiséquées à lobes étroits, lancéolés et glabres, évoquant l'empreinte d'une patte de poule d'où son surnom de "pied de geline" (Bezanger-Beauquesne *et al.* 1986).
- **Des fleurs** qui poussent en épis-grappe terminales de 6 à 20 fleurs par épi selon les espèces, d'une taille d'environ 6 à 8 mm de longueur, elles sont tubulaires allongées, bilabées et prolongées d'un éperon (Bock, 2009), elles contiennent six étamines en deux faisceaux, de couleur purpurine ou rosée plus ou moins sombre, avec des taches pourpres à leurs extrémités (Couplan, 2007).
- **Des fruits** qui représentent des petites silicules globuleuses de 2 mm avec un sommet renfermant une seule graine. La plante, polymorphe, contient un latex et présente un goût amer qui lui vaut le nom de « fiel de terre » (Luciell, 2007).

Cette espèce fleurit entre le mois d'Avril et Septembre (Janzein, 1995).



**Figure1** : Feuilles, fruits, fleurs et tiges de *Fumaria officinalis* (Mchaffie, 2004).

## I-2- Répartition géographique

Plante commune dans toutes les régions tempérées d'Europe (Bernard, 1997), d'Afrique du Nord et d'Asie occidentale (Sturm *et al.* 2006). On la trouve dans les terrains vagues, sur les bords des chemins et des terres incultes, le long des vieux murs, jusqu'à 1 500 m d'altitude (Deysson, 1979). Vingt deux espèces du genre *Fumaria* sont spécifiques à la région Ibero-Mauritanienne qui inclut l'Algérie, le Maroc et l'Espagne (Liden, 1986 ; Blanco *et al.* 1993).

## I-3- Classification botanique

*Fumaria officinalis* appartient à la classe des Magnoliopsida-Dicotylédones, à la famille des *Fumariaceae* et au genre *Fumaria*.

La classification botanique de la plante est représentée dans le Tableau I.

**Tableau I** : Classification botanique de *Fumaria officinalis* (Cronquist, 1981).

Taxonomie	Nom
Règne	Plantae (Végétal)
Sous règne	Tracheobionta (plantes vasculaires).
Super division	Spermatophyta (plantes à graines).
Division	Magnoliophyta (plantes à fleurs).
Classe	Magnoliopsida (Dicotylédones).
Sous-classe	Magnoliidae.
Ordre	Papaverales.
Famille	<i>Fumariaceae</i> .
Genre	<i>Fumaria</i> .
Espèce	<i>Fumaria officinalis</i> .

## I-4-Les noms vernaculaires

Les noms vernaculaires de *Fumaria officinalis* sont indiqués dans le **Tableau II**.

**Tableau II** : Les noms vernaculaires de *Fumaria officinalis*.

Région	Appellation
kabyle	Zalamit (par référence à la pointe des allumettes). Tijujar yesghi ou Tiquiquech yesghi (plume d'oiseau).
Française	fumeterre, herbe à la veuve, fiel de terre, herbe à la jaunisse, pied de Céline (Valnet, 1992 ; Bock, 2009).
Arabe	Chick al Kanoune, Lewliya.



### I-5-Composition chimique

Les principaux constituants chimiques de *Fumaria officinalis* sont résumés dans le **Tableau III**.

**Tableau III** : Principaux constituants chimiques de *Fumaria officinalis*.

Familles de constituants chimiques	Constituants chimiques	Références
Alcaloïdes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- de type isoquinoléine (0,3 à 1 %) : Protopine (fumarine à 0,13 %), Cryptopine, Protoberbérines.</li> <li>- de type spirobenzylisoquinoleine : Fumaricine, Fumaritine, Fumariline.</li> <li>- de type benzophénanthridine : Sanguinarine.</li> <li>- de type indénobenzazépine : Fumaritridine, Fumaritrine.</li> </ul>	<p><b>Forgacs et al. 1982.</b></p> <p><b>Forgacs et al. 1986.</b></p> <p><b>Hermansson et Sandberg, 1973.</b></p>
Hétérosides flavoniques.	- Hétérosides de la quercétine : Isoquercitrine, Rutine.	<b>Sener, 1985.</b>
Acides phénols	Acide caféique, chlorogénique et fumarique.	<b>Massa, 1971.</b>
Acides organiques	Acides malique, éritique, succinique, lactique et glycolique.	<b>Sturm et al. 2006.</b>
Autres	Principes amers, mucilage, résine, sels de potassium Eau (85%), acide glycolique et lactique	<b>Agarwal-Raman, 1937.</b> <b>Susplugas et al. 1975.</b>

### I-6- Principales propriétés pharmacologiques de *Fumaria officinalis*

Les propriétés médicinales de la fumeterre sont connues depuis longtemps. Elle permet l'élimination des toxines, étant à la fois cholagogue, diurétique et dépurative (**Valnet, 2001**). Elle est également apéritive et tonique, et en utilisation externe, la fumeterre permet de soigner les dartres et l'eczéma (**Barré, 1967 ; Wren, 1988 ; British Herbal Pharmacopoeia, 1990 ; Bradley, 1992**).

Les différents domaines d'activités de *Fumaria officinalis* sont regroupés dans le **Tableau IV**

Tableau IV : Activités pharmacologiques de *Fumarai officinalis* (Etudes *in vitro* et *in vivo*).

Domaine d'activité	Effets pharmacologiques
<b>Effets sur le système nerveux et neurovégétatif</b>	-Anti-sérotonine dû à la fumarine. -Effet dépressur du système nerveux dû à la fumariline <b>(Kumar et al. 1986).</b> -Action sédatrice à faibles doses, excitation et convulsions à fortes doses dues à la protopine. -Effet antispasmodique dû à la protopine et coptisine -Effet inhibiteur de l'acétylcholinestérase <b>(Hiller et al. 1998).</b>
<b>Effets cardiovasculaires</b>	-Effet hypotenseur biphasique (fraction dépourvue d'alcaloïdes) -Action antiarythmique (fumarine). -Effet cardiotrope de la protopine qui exerce des actions inotrope et chronotrope négatives sur le cœur de lapin. -Effet cardiodépressive <b>(Komaszewska et al. 2007).</b>
<b>Effet hépatobiliaire</b>	-Fumaria est amphocholérétique <b>(Fiegel, 1971)</b> , spasmolytique des muscles lisses, myorelaxant du sphincter d'Oddi <b>(Boucard et al. 1966).</b> -Elimine les acides biliaires. -L'action sur la bile et la vésicule biliaire est due à une synergie entre les flavonoïdes, les acides phénols et les sels de potassium <b>(Goetz et al. 2009).</b>
<b>Autres effets par voie interne</b>	-Effet antihistaminique dû à la protopine Augmentation de la sialorrhée et antiasthmatique <b>(Larousse, 2001).</b>
<b>Effets par voie externe</b>	-Anti-inflammatoire, et aussi un nettoyeur de la peau <b>(Hentschel et al. 1995)</b>

### I-7- Utilisations traditionnelles de *Fumaria officinalis*

- La fumeterre apparaît dans les écrits de Dioscoride, Pline et Serapion.
- Les Arabes en connaissaient les vertus dépuratives qui rehaussaient le teint.
- Dans l'Hortus Sanitatis, elle est considérée comme plante de drainage, diaphorétique, traitant les maladies du foie et de la rate.
- Selon Leclerc, elle est tonique, dépurative, antipléthorique.
- Pour Valnet, c'est un régulateur hépatovésiculaire, elle est apéritive, antiscorbutique, antiscrofuleux et vermifuge **(Valnet, 2001).**

La fumeterre a également été utilisée dans le traitement des éruptions cutanées, des conjonctivites et des eczémas chroniques, l'utilisation traditionnelle admise est pour faciliter les fonctions d'élimination urinaire et digestive comme Cholérétique ou Cholagogue (**Barré, 1967 ; Wren, 1988 ; Bradley, 1992**).

## II-1-Les radicaux libres

### II-1-1- Définition

Un radical est une molécule possédant un ou plusieurs électrons non appariés sur ses orbitales électroniques externes (**Hubert, 1998**).

La présence d'un électron célibataire confère souvent à ces molécules, une grande instabilité, elles ont la possibilité de réagir avec de nombreux composés dans des processus le plus souvent non spécifiques (**Halliwell, 1993**). En raison de leur électron célibataire non engagé dans une liaison, et de leur caractère chimique fortement réactif les radicaux libres ont une demi-vie très courte (de la nano à la milliseconde) (**Allain, 1999**).

La réactivité varie d'un radical libre à un autre et dépend de l'environnement où ils sont présents (**Gutteridge, 1993**).

### II-1-2-les principaux types de radicaux libres

Les espèces actives de l'oxygène produites en faibles quantités lors du métabolisme de l'oxygène, sont des messagers secondaires importants impliqués dans l'activation de diverses voies de signalisation intracellulaires. Produites en trop grandes quantités, ces espèces vont attaquer les constituants de la cellule, menaçant l'intégrité cellulaire (**Alain, 2003**).

Les dérivés réactifs de l'oxygène (DRO) (reactive oxygen species, ROS) sont pour la plupart des radicaux chimiques dérivés de l'oxygène. En raison de leur capacité à endommager les cellules, les tissus et les organes, les espèces réactives de l'oxygène sont impliquées dans un grand nombre de pathologies, tant aiguës que chroniques (**Gutteridge, 1993**).

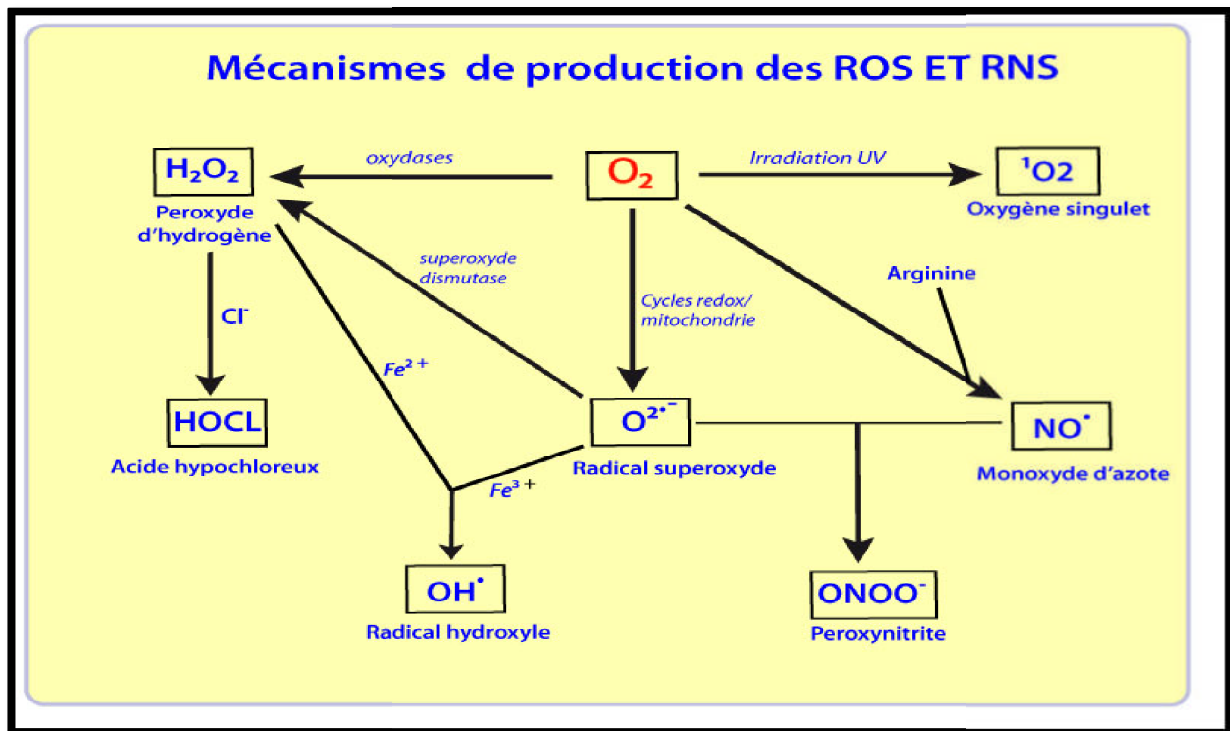
Le mécanisme de production des principaux Espèces Réactives de l'Oxygène et du Nitrogène est représenté sur la **Figure 02**:

Les différentes formes actives de l'oxygène (molécules de petite taille non carbonées) sont énumérées dans le **Tableau V**

Tableau V : Espèces actives de l'oxygène.

Nom	Symbole chimique	Fonctions	Réaction chimique	Référence
Anion superoxyde	$O_2^{\cdot-}$	La molécule d'oxygène mise en présence d'une quantité d'énergie suffisante, peut acquérir un électron supplémentaire et former ainsi l'anion superoxude. Il a une faible action oxydative, mais peut générer des radicaux plus réactionnels.	$O_2 + 1e^- \rightleftharpoons O_2^{\cdot-}$	Salvayre et Salvayre, 2005.
Radical hydroxyle	$OH^\cdot$	Le Radical hydroxyle est un dérivé de l'ion superoxyde. Il est très réactif vis-à-vis des structures organiques et il joue un rôle initiateur dans l'auto destruction lipidique.	Réaction d'Haber-Wiess : $H_2O_2 + O_2^{\cdot-} \rightleftharpoons O_2 + OH^\cdot + OH^-$ $Fe^{2+} + H_2O_2 \rightleftharpoons Fe^{3+} + OH^\cdot + OH^-$	Pastre, 2005. Hadi, 2004.  Ozyûrek, 2008.
Oxygène singulet	$^1O_2$	Molécule non radicalaire, extrêmement réactive et à une durée de vie très limitée. Forme excitée de l'oxygène moléculaire, est souvent assimilée à un radical libre en raison de sa forte réactivité.	$O^\cdot + O^\cdot \rightleftharpoons ^1O_2$	Mohammedi, 2006.  Hadi, 2004.
Peroxyde d'hydrogène	$H_2O_2$	Il est aussi appelé dioxyde de dihydrogène, ou eau oxygénée c'est une molécule non radicalaire, stable, présente une toxicité importante. Il est considéré comme une espèce réactive dérivée d'oxygène (EOR).	$O_2 + 2e^- + 2H^+ \rightleftharpoons H_2O_2$	Helm <i>et al.</i> 1999.  Binove, 2001.

Monoxyde d'azote (L'oxyde nitrique)	<b>NO<sup>•</sup></b>	Radical libre d'origine endogène, il joue le rôle de médiateur biologique au cours de la vasodilatation, neurotransmission...	$\text{NO}^{\circ} + \text{RSH} \longrightarrow \text{RS-NO} + \text{H}^{+}$	Vuillemin <i>et al.</i> 1999. Jungbluth, 2008.
L'anion peroxynitrite	<b>ONOO<sup>-</sup></b>	Non radicalaire, instable et très oxydant. Produit par les macrophages, les neutrophiles, et les mitochondries, il peut générer le radical dioxyde de l'azote.	$\text{O}_2^{\circ} + \text{NO}^{\circ} \longrightarrow \text{ONOO}^{-}$	Gardés-Albert <i>et al.</i> 2003. Lee <i>et al.</i> 2004.



**Figure 02 :** mécanisme de production des principaux ERO et ERN (Beaudoux et al. 2006).

## II-2- Le stress oxydatif

Le stress oxydatif peut se définir comme un déséquilibre entre la génération des Espèces Réactives de l'Oxygène (ERO) et la capacité du corps à les neutraliser et à réparer les dommages oxydatifs (antioxydants) (Boyd et al. 2003).

Il correspond à une perturbation du statut oxydatif intracellulaire (Morel et Barouki, 1999). L'ADN, les lipides membranaires ou encore les protéines sont des cibles privilégiées de ces oxydations. Ce déséquilibre est dû soit à une surproduction d'espèces radicalaires, soit à un affaiblissement des défenses antiradicalaires de l'organisme (Duval, 2002).

Il est favorisé par divers agents aussi bien endogènes (lors des respirations oxydatives (mitochondrie), métabolisme de l'acide arachidonique ...) qu'exogène (radiation UV, le tabagisme ...) (Tratner, 2003).

Le stress oxydant joue un rôle important dans la pathogenèse de divers maladies (Bonnefont-Rousselot et Théron, 2005). Il est l'un des facteurs potentialisant l'apparition de pathologies plurifactorielles tel que le diabète, l'Alzheimer, maladie de parkinson, rhumatisme, et les maladies cardio-vasculaires, etc... (Wilson et Salamatian ; 2003). Il est

évoqué également dans des processus physiologiques tel que le vieillissement cutané (**Girotti-Chanu, 2006**), l'insuffisance rénale (**Descamps-Latscha et Witko-Sarsat ; 2003**).

Le stress oxydatif peut avoir divers origines : mauvaise alimentation, phénomènes inflammatoires chroniques ou aigus, tabagisme, consommation excessive d'alcool, prise de pilule contraceptive, exercice physique mal géré, exposition inconsidérée à des grandes sources productrices des (ERO) tel que le soleil et l'irradiation, intervention chirurgicale, transplantation d'organe (**Pincemeil et Defraigne, 2004**).

### II-2-1- Les effets du stress oxydatif

Les radicaux libres peuvent induire plusieurs dégâts oxydatifs cellulaires ciblant :

#### a) Oxydation des protéines

L'activité des protéines est profondément affectée par n'importe quelle altération de leur structure complexe particulièrement l'oxydation. En général, les protéines oxydées sont inactives. Les protéines les plus sensibles aux attaques radicalaires sont surtout celles qui comportent un groupement sulfhydryle (la cystéine s'oxyde en cystine ou en acide cystéique et la méthionine en sulfoxyde ou sulfone) (**Favier, 2003**). C'est le cas de nombreuses enzymes cellulaires (sérine-protéase) et protéines de transport (transferrine, ferritine...) qui vont être oxydées et inactivées (**Bergès et al. 2005**).

#### b) Oxydation de l'ADN

Comme les protéines, l'ADN est vulnérable aux dégâts oxydatifs, mais il existe des mécanismes enzymatiques pour réparer les dégâts sur l'ADN (**Lesgards, 2000**). Il a été démontré que l'ADN d'une cellule peut être le siège de 10,000 attaques radicalaire par jour (**Delattre et al. 2003**).

Les dégâts sur l'ADN induisent des altérations de bases, des enchaînements croisés ADN-protéines ou des ruptures de brins (**Milane, 2004**), Chacune de ces réactions est potentiellement mutagène et peut bloquer la réplication de l'ADN, ces facteurs peuvent en partie expliquer l'augmentation du risque retrouvé chez les patients cancéreux (**Rehman et al, 1999**).



Les cassures observées sont dûes aux radicaux ( $^{\circ}\text{OH}$ ) issus de la réaction de *Fenton* en présence de fer ferreux chélaté à certains acides aminés ou aux groupements phosphatés de l'ADN (Lampe, 1999)



### c) Oxydation lipidique

La peroxydation lipidique provoque une augmentation croissante de la perméabilité des membranes cellulaires, induisant une altération irréversible des protéines fonctionnelles de la cellule, pouvant aller jusqu'à la lyse complète (Judde, 2004).

La peroxydation lipidique ou Lipo-peroxydation, définie par la détérioration oxydative des Acides Gras polyinsaturés (AGPI), est un phénomène où des radicaux libres servent des médiateurs, ce phénomène produit à l'intérieur de la membrane, par un mécanisme de réaction en chaîne conduisant à la libération de lipoperoxydes et d'aldéhydes instable, ceux ci sont susceptibles de perpétuer dans le temps et à distance une "agression radicalaire". Ces produits d'oxydation peuvent être cytotoxiques, et avoir ainsi de nombreuses actions dommageables (Collins et al. 2000).

## II-3-Les antioxydants

### II-3-1-Définition

Le terme antioxydant était à l'origine, utilisé pour désigner les substances chimiques qui empêchent les réactions avec l'oxygène (Saettel, 2002).

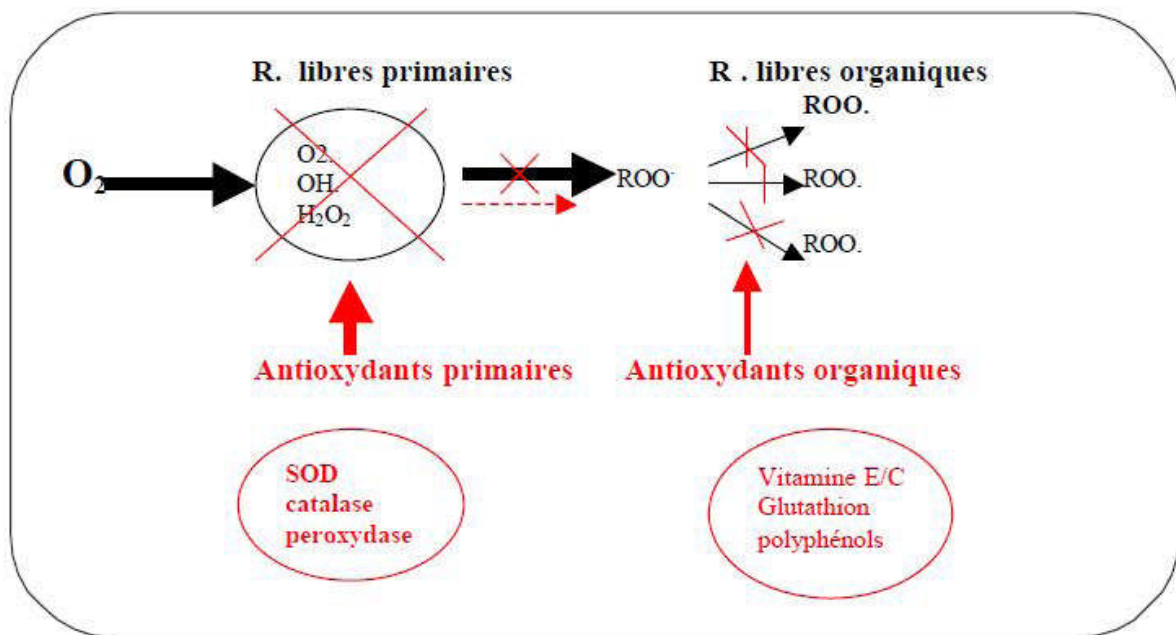
En conditions normales, le métabolisme aérobie chez les mammifères génère des substances réactives de l'oxygène, lesquelles sont susceptibles de créer d'importants préjudices à l'organisme. Cependant, en guise de protection, les cellules possèdent des mécanismes de défense endogènes enzymatiques et exogènes non-enzymatiques qui, de manière générale, suffisent à renverser le stress oxydant résultant du métabolisme aérobie et que l'on appelle antioxydants (Solzbach et al. 1997 ; Ostrakhovitch et Afanas'ev, 2001 ; Miquel, 2002 ; Boldyrev, 2005).

Les antioxydants sont les produits chimiques qui empêchent les radicaux libres d'oxyder le matériel physiologique et donc d'éviter aux molécules d'être endommagée. Ils ont comme principale rôle de neutraliser et de dégrader les radicaux libres toxiques pour les tissus (Saettel, 2002).

### II-3-2- Le système de défense contre les radicaux libres ou systèmes antioxydants

Les radicaux libres sont neutralisés ou éliminés du milieu par des réactions enzymatiques et non enzymatiques (Belanger, 2007). Notre corps est doté d'un système de défense contre les radicaux libres, il fait appel à des enzymes qui vont limiter l'action des radicaux libres (Figure 03).

En plus des enzymes, le corps compte aussi sur l'alimentation, celle-ci peut être une bonne source d'antioxydants. Les fruits et les légumes sont les plus riches. Il faut donc leur donner une place de choix dans notre alimentation (Saettel, 2002).



**Figure 03:** Les systèmes de défense contre les radicaux libres (Binov, 2001).

#### II-3-2-1- Les antioxydants endogènes ou enzymatiques

Les antioxydants enzymatiques (La superoxyde dismutase, la catalase, la glutathion peroxydase) sont considérés comme la première ligne de défense de notre organisme contre les ROS (Figure 04).

**❖ Superoxydes dismutases (SOD) :**

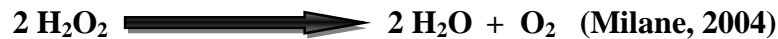
Elles catalysent la dismutation du superoxyde en peroxyde d'hydrogène



Elles constituent une première ligne de défense très efficace en empêchant l'accumulation cellulaire de superoxyde. La SOD se trouve principalement dans le cytoplasme de toutes les cellules sous forme de SOD à Cuivre et à Zinc (CuZn-SOD), ou dans les mitochondries sous forme de SOD à Manganèse (Mn-SOD) (Salvayer et Salvayer, 2005).

**❖ Catalase (CAT) :**

Enzyme localisée à forte concentration dans le foie, les globules rouges, le cytosol et le peroxydosome (riches en oxydases génératrices d' $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Elle agit en synergie avec la SOD puisque son rôle est d'accélérer la dismutation du peroxyde d'hydrogène en  $\text{H}_2\text{O}$  selon la réaction suivante : (Young et Woodside, 2001).

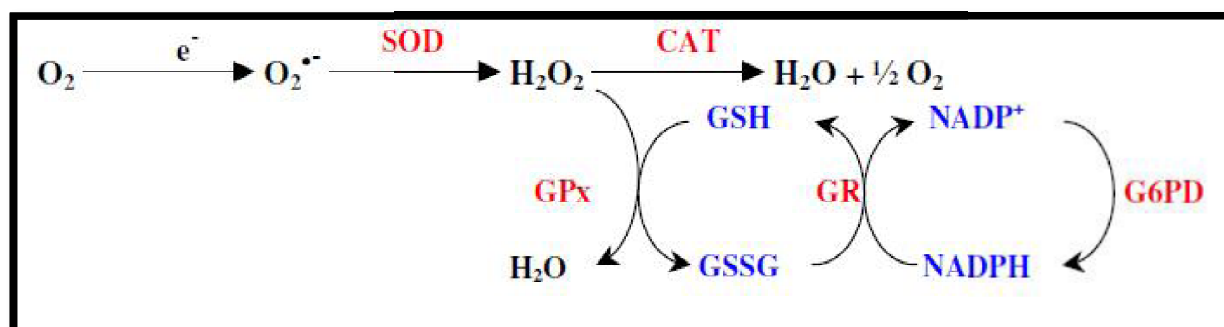


Ces catalases permettent de soustraire l' $\text{H}_2\text{O}_2$  à la réaction d'Haber-Weiss et d'éviter ainsi la genèse du radical hydroxyle. L'activité de la catalase est très faible dans le myocarde (Scholz *et al.* 1997).

**❖ Glutathion peroxydase (GPx) :**

Ces enzymes catalysent la réduction du peroxyde d'hydrogène en molécule d'eau et d'autre part, les hydroperoxydes organiques (ROOH) en alcool utilisant le glutathion (GSH) comme cofacteur (Marfak, 2003). Le glutathion peroxydase est synthétisé à partir du glutamate, de la cystéine et de la glycine. Le (GPx) est un composant majeur de la défense antioxydante de la cellule (Borg et Reeber, 2004).

Les glutathions peroxydases ont une action détoxiquante vis-à-vis de deux substrats :



**Figure 04 :** Principales étapes de la défense enzymatique contre les espèces de l'oxygène réactives (Beaudeau *et al.* 2006).

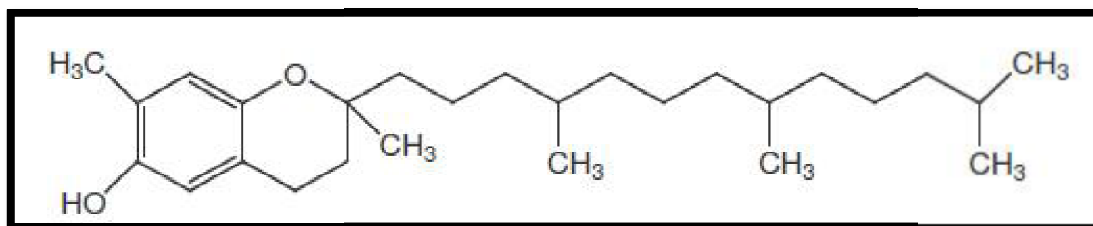
### II-3-2-2- Les antioxydants exogènes ou non enzymatiques

Il existe des piègeurs de radicaux libres, qui se caractérisent par leurs affinités élevées pour les radicaux libres et leur spécificités pour certains d'entre eux. Les principaux piègeurs sont les chélateurs du fer et du cuivre et les antioxydants comme les caroténoïdes, l' $\alpha$ -tocophérol, la vitamine C..., ces substances peuvent stabiliser les membranes en diminuant leur perméabilité et elles ont également une capacité de lier les acides gras libres (Svoboda et Hampson, 1999).

#### a) La vitamine E (tocophérol)

Ce sont des composés phénoliques de nature lipophile (Vertuani *et al.* 2004), la forme la plus active est la  $\alpha$ -tocophérol, elle est considérée comme étant le plus important inhibiteur de la peroxydation lipidique (Van Antwerpen, 2006). Ce sont d'excellents piègeurs de radicaux lipidiques, tout particulièrement les  $\text{RO}\cdot$  et  $\text{ROO}\cdot$  (Wefers et Sies, 1988).

Les tocophérols protègent contre l'oxydation naturelle des acides gras, en particulier les acides gras polyinsaturés (AGPI) (Sebei *et al.* 2007). La partie active de la molécule étant la fonction phénol réductrice ( $\alpha$ -TH) perd facilement un atome d'hydrogène et se transforme en radical  $\alpha$ -tocophérol ( $\alpha$ -T), tandis que le radical est réduit en une molécule d'hydroperoxyde, comme suite (Hensley *et al.* 2004) :



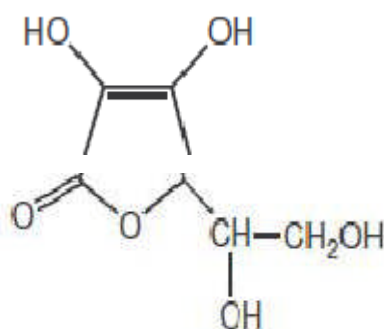
**Figure 05 :** Structure de la vitamine E (Packer *et al.*, 1997 ; Evans *et al.*, 2002).

### b) La vitamine C (Acide ascorbique)

Il s'agit d'un antioxydant particulièrement efficace contre les dommages créés dans l'organisme par les radicaux libres (Cuendet, 2000).

Il joue un rôle très important en assurant la régénération de l'alpha-tocophérol en se transformant en un radical très peu réactif (C-O•) à partir duquel l'acide ascorbique est régénéré grâce à une NADH réductase (Bielski *et al.* 1975). Un surplus d'acide ascorbique peut s'avérer néfaste (c'est-à-dire avoir un effet oxydant), surtout lorsque les membranes sont pauvres en alpha-tocophérol ou en présence d'une concentration élevée de métaux de transition (Amazal, 2010).

Les acides ascorbiques sont des piègeurs très efficaces des anions superoxydes et du peroxy-nitrite (ONOO<sup>-</sup>), et ils présentent un effet pro-oxydant en présence d'ions métalliques (Sorge, 2004 ; Vertuani *et al.* 2004)



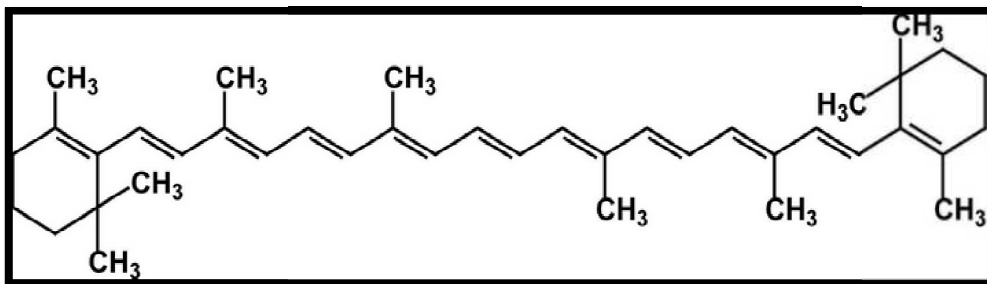
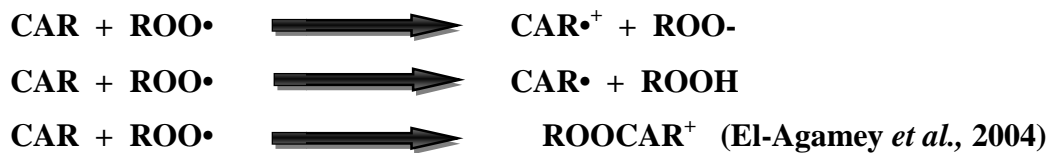
**Figure 06 :** Structure de la vitamine C (Bergès *et al.* 2005).

### c) Les Caroténoïdes ( $\beta$ -carotène)

Sont de longues molécules très hydrophobes et colorées (jaune à rouge) et possédant un système des liaisons doubles conjuguées (**Winston et Jacqueline, 2001**).

En plus de leurs activités de provitamines A, les caroténoïdes possèdent une forte activité antioxydante, notamment le  $\beta$  -carotène. Les caroténoïdes ont un rôle spécifique de capteur d'oxygène singulet  $^1O_2$ , ce qui leur permet d'exercer une protection vis-à-vis des dommages induits par les rayons ultraviolets de la lumière solaire (**Gardés *et al.* 2003**).

Les caroténoïdes peuvent agir directement avec le radical peroxy issu de l'oxydation des lipides empêchant ainsi le déroulement de la phase de propagation. Ils peuvent donc réagir selon trois possibilités :



**Figure 07 : Structure de la  $\beta$ -carotène (Biesalski *et al.*, 1996).**

### d) Les phytonutriments

Ce ne sont ni des vitamines, ni des minéraux, mais se trouvent naturellement dans le végétal. Ils sont importants pour notre corps surtout à notre époque où nous sommes exposés plus que jamais à des sources de radicaux (**Bergès *et al.* 2005**). Ils sont reconnus comme de puissants antioxydants, les principaux types de phytonutriment regroupent :

Les Caroténoïdes notamment les Fruits et légumes très colorés,

Les polyphénols trouvés surtout dans, les noix, les graines de lin et l'huile d'olive qui sont d'excellentes sources et qui ont tendance à être plus élevés dans ces produits,

Les phytonutriments protègent principalement contre le cancer et le vieillissement prématuré (Saettel, 2002).

### III-3-2-3- Les Antioxydants de synthèse

Dans l'industrie alimentaire, les antioxydants synthétiques, tel que le butylhydroxyanisole (BHA), butylhydroxytoluène (BHT) et le gallate propylée (PG), sont largement utilisés parce qu'ils sont efficaces et moins chers que les antioxydants naturels (Lisu *et al.* 2003). Ils sont des dérivés phénoliques qui agissent comme la vitamine E (salvayre et salvayre, 2005).

## II-4- Méthodes d'études de l'activité antioxydante

### II-4-1. Test d'ABTS

Il s'agit de mesurer le pouvoir antioxydant d'un composé vis-à-vis de l'ABTS<sup>•+</sup>, et de le comparer à un antioxydant de référence, le Trolox dont la structure moléculaire cyclique est similaire à celle de la vitamine E (Miller *et al.* 1997). Le radical ABTS<sup>•+</sup>, en contact avec un donneur de H<sup>•</sup> conduit à sa réduction (ABTS<sup>+</sup>) (Kranl *et al.*, 2005). Et par conséquent à une décoloration détectable à 734 nm de la solution (Liangli et Zhou, 2004 ; Zhou *et al.* 2004 ; Zhou et Yu, 2004 ; Ivanova *et al.* 2005).

### II-4-2. Test DPPH

La réduction du radical libre DPPH<sup>•</sup> par un antioxydant peut être suivie par spectrophotométrie, en mesurant la diminution de l'absorbance à 517nm provoquée par des antioxydants (Milardovic *et al.* 2006). Le DPPH est initialement violet, se décolore lorsque l'électron célibataire s'apparie, cette décoloration est représentative de la capacité des composés à piéger ces radicaux libres. La lecture de l'absorbance est faite, contre un blanc préparé pour chaque concentration, après 30 minutes d'incubation à l'obscurité et à la température ambiante (Molyneux, 2004).

### II-4-3. Pouvoir réducteur

Cette méthode est basée sur la capacité des composés réducteurs, à réduire le fer ferrique (Fe<sup>3+</sup>) du ferrocyanure de potassium pour donner du fer ferreux (Fe<sup>2+</sup>) (Chung *et al.* 2002).

La réaction est révélée par le virement de couleur jaune de (Fe<sup>3+</sup>) en couleur bleu vert de (Fe<sup>2+</sup>), Après incubation pendant 20 min à l'abri de la lumière et à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 700nm (**Wojdyło *et al.* 2007**).



## I-1-Matériels

### I-1-1.Matériel végétal

Notre étude a porté sur la partie aérienne fleurie d'une espèce des Fumariacées «*Fumaria officinalis*» appelée localement «Zalamit ou Tijujar-Yesghi».

#### I-1-1-1. Description botanique de la plante

*Fumaria officinalis* est une plante herbacée annuelle envahissante des terrains cultivés (Bruneton, 2009), c'est une plante grimpante de 30 cm de hauteur (Iserin, 2001) (Figure 08)



Figure 08: photographie de la plante fraîche de *Fumariaus officinalis* (Laboratoire de Biologie végétal et d'ethnobotanique).

#### I-1-1-2. Habitat

Très commune et répandue dans les vignes, les terrains vagues, les jardins et talus. Vit parfois en colonies importantes (Schauenberg et Paris, 2006), elle se rencontre aussi sur les bords des chemins et au long des vieux murs, jusqu'à 1500m d'altitudes (Wichtl et Anton, 2003).

#### I-1-2.Appareils et Réactifs

Le matériel et réactifs utilisés pour les différentes manipulations (extraction, évaluation de l'activité antioxydante) sont reportés en Annexe.

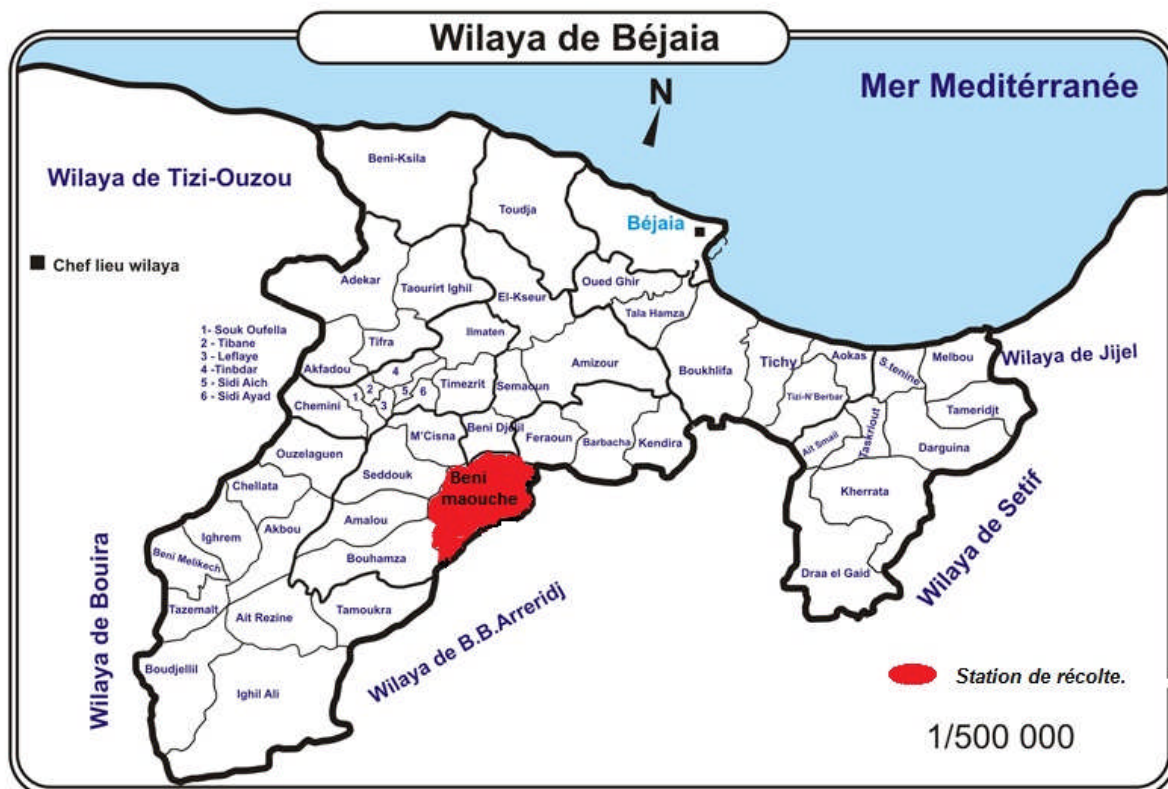
## I-2.Méthodes

### I-2-1.préparation du matériel végétal

#### ➤ Récolte :

Notre échantillon de *Fumaria officinalis* a été récolté au niveau du village de Beni-Maouche de la région de Bejaia durant le mois de mars 2013 (**Figure 09**).

La récolte ce fait de préférence le matin avant le lever du soleil, période pendant laquelle la plante contient le maximum de substances actives (**Handing, 2005**).



**Figure 09** : carte géographique de Bejaia avec la région de récolte de *Fumaria officinalis* ([www.google.fr](http://www.google.fr))

#### ➤ Identification de la plante

L'identification de notre plante a été effectuée, au niveau du laboratoire de Biologie Végétale, de la Faculté des Science de la Nature et de la Vie, de l'Université A. Mira de Bejaia, et en utilisant la flore des plantes Algériennes (**Quezel et Santa, 1963**).

#### ➤ Séchage :

Une fois récolté, notre échantillon est débarrassé des impuretés (sable et poussière) par de l'eau courante, puis séché à l'étuve à 40 °C pendant une semaine en moyenne pour affiner le

séchage car les principes actifs se conservent bien dans les plantes sèches et pour obtenir un meilleur broyage et une meilleure extraction (**Schauenberg et Paris, 2006**)

➤ **Broyage :**

Après séchage, la plante a été broyée à l'aide d'un broyeur électrique « KIKA Labortechnik » afin de la réduire en une poudre très fine.

➤ **Tamisage :**

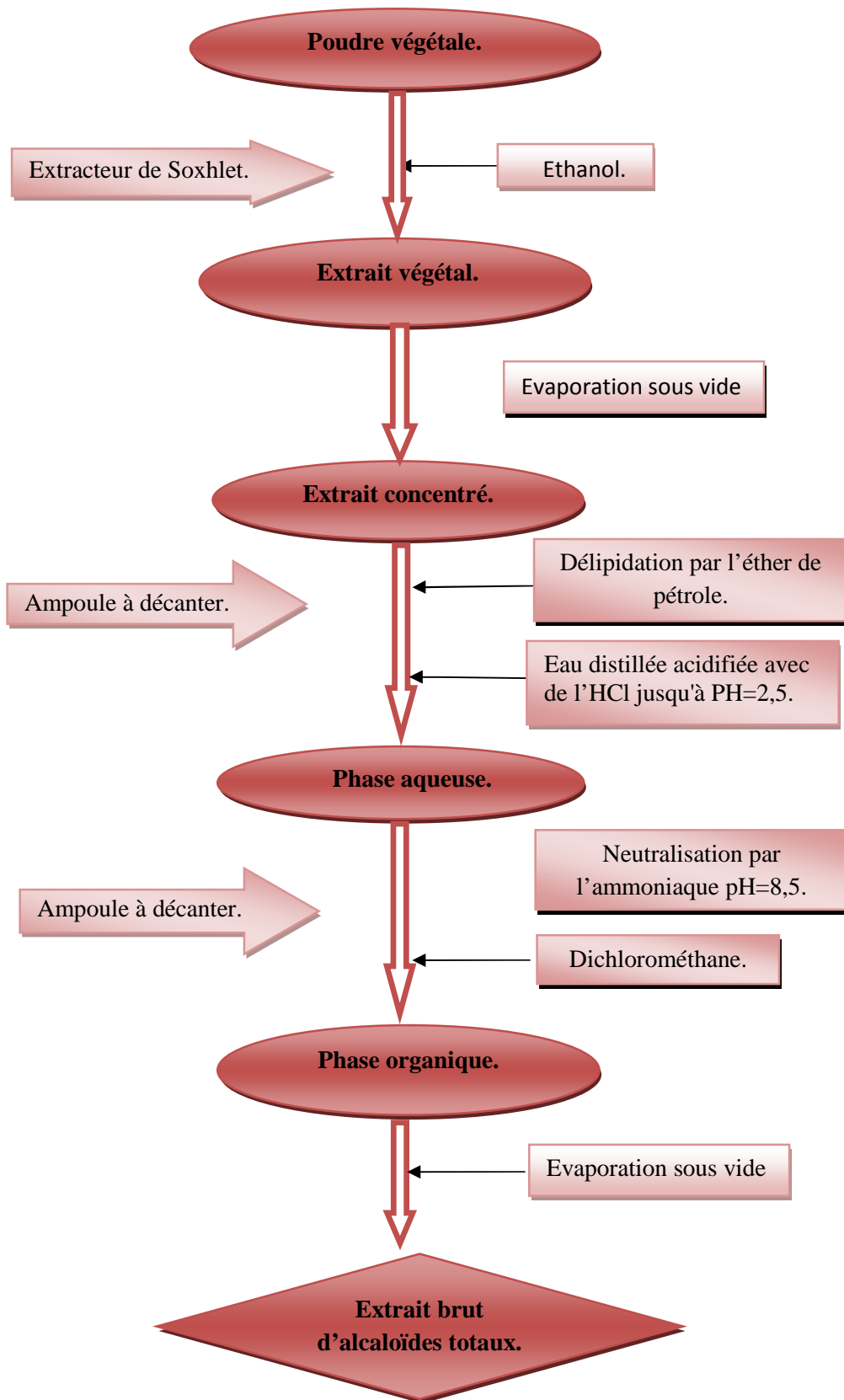
Les particules ainsi obtenues après broyage sont tamisées sur un tamis de diamètre de 250 à 45 $\mu$ m pour avoir une poudre homogène (**Figure 10**). La poudre obtenue est conservée dans un récipient en verre et stockée à l'abri de la lumière et de l'humidité jusqu'à extraction.



**Figure 10:** photographie de la poudre de *Fumariaus officinalis* (**Laboratoire de Biologie végétal et d'ethnobotanique**).

**I-2-2. Extraction :**

L'extraction des alcaloïdes totaux à partir de la poudre de *Fumaria officinalis* est réalisée par l'appareil de *Soxhlet* suivant le protocole de **Suau et ces collaborateurs (2002)** qui est illustré sur la **Figure 11**.



**Figure 11 :** Schéma du protocole d'extraction des alcaloïdes de *Fumaria officinalis* (Suau et al. 2002).

➤ **Principe du dispositif de Soxhlet**

L'extraction au soxhlet permet d'avoir un meilleur rendement en alcaloïdes par rapport à d'autres méthodes. L'extracteur contient une cartouche en cellulose renfermant la poudre végétale, la cartouche est fixée sur un ballon qui contient le solvant et est surmontée d'un réfrigérant (voir **Figure 12**).

Le principe de cette extraction est basé sur le fait que le solvant est en contact permanent avec la poudre, puisque le solvant qui se trouve dans le ballon s'évapore et se condense au dessus de la cartouche, cela permet d'avoir un solvant fraîchement distillé à chaque cycle, ce qui évite le problème de saturation et la solution collectée dans le ballon s'enrichit de plus en plus à chaque cycle d'extraction. L'extraction est terminée lorsque le solvant d'extraction devient de plus en plus clair (**Lagnika, 2005**).



**Figure 12:** Dispositif de Soxhlet au cours d'extraction (**Laboratoire de Biologie végétal et d'ethnobotanique**).



➤ **Le taux d'extraction des alcaloïdes :**

La phase organique obtenue par l'extraction a été séchée à sec jusqu'à la stabilisation du poids, puis le taux d'alcaloïdes a été calculé selon la formule suivante :

$$\text{TA (\%)} = [(P_1 - P_0) / E] \times 100$$

Avec :

**TA** : taux d'alcaloïdes exprimé en pourcentage.

**P<sub>1</sub>** : poids de l'extrait après évaporation (g).

**P<sub>0</sub>** : poids du cristalliseur vide (g).

**E** : la masse initiale de la poudre végétale (30g).

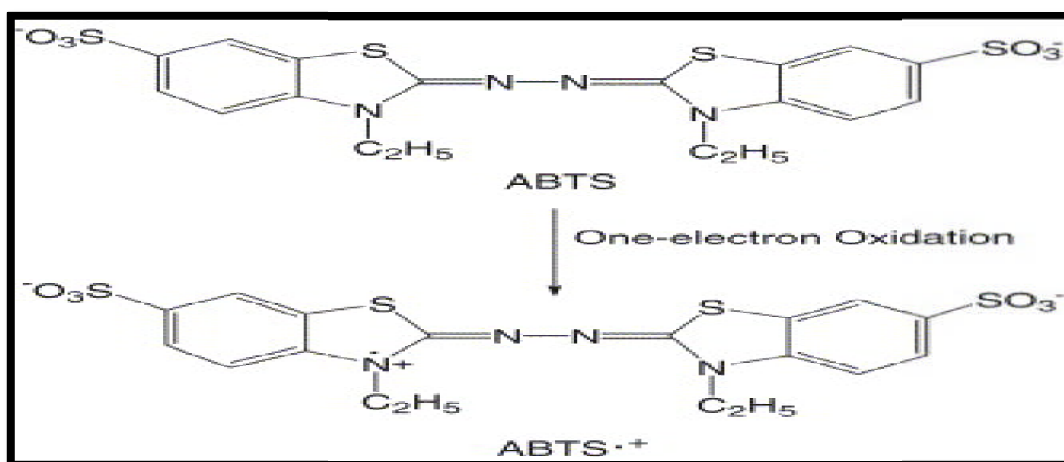
### I-3. Détermination de l'activité antioxydante des alcaloïdes de *Fumaria officinalis*

Afin de mettre en évidence l'activité antioxydante des alcaloïdes de *Fumaria officinalis*, nous avons réalisé les trois tests suivants :

#### I-3-1. Activité scavenging d'ABTS

##### Principe :

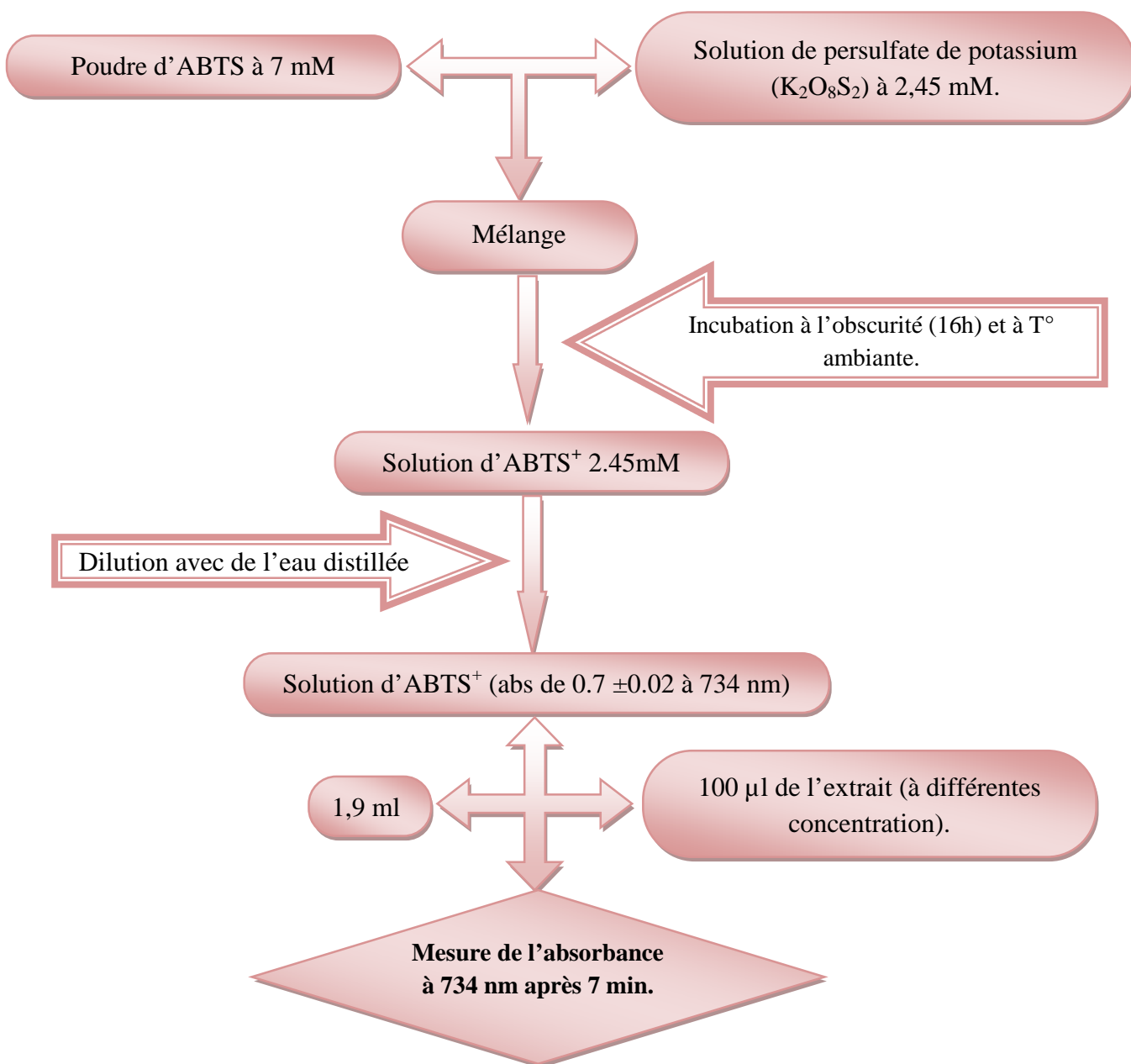
Ce test est basé sur le mécanisme d'oxydoréduction de l'ABTS (sel d'ammonium de l'acide 2, 2'- azino bis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)). Au cours de ce test, le sel d'ABTS perd un électron pour former un radical cation (ABTS<sup>•+</sup>) de couleur sombre (vert bleu) en solution. En présence de l'agent antioxydant, le radical ainsi formé est réduit pour donner le cation ABTS<sup>+</sup>, ce qui entraîne la décoloration de la solution (**Figure 13**).



**Figure 13: Oxydation de l'ABTS (Owen et Johns, 1999).**

### Mode opératoire

La mesure de l'activité scavenging du radical ABTS a été effectuée en suivant le protocole de **Mighri et ses collaborateurs (2010)**, qui est schématisé dans la **Figure 14**.



**Figure 14:** Protocole d'étude de l'activité « scavenging » de l'ABTS<sup>+</sup> (Mighri *et al.* 2010).

Le Trolox a été utilisé comme standard à différentes concentrations.

Le pourcentage de l'activité scavenger du radical ABTS<sup>+</sup> des extraits organiques de *Fumaria officinalis* est calculé comme suit :

$$\text{Pourcentage d'inhibition du radical ABTS}^+ = [(A_0 - A_1) / A_0] \times 100$$

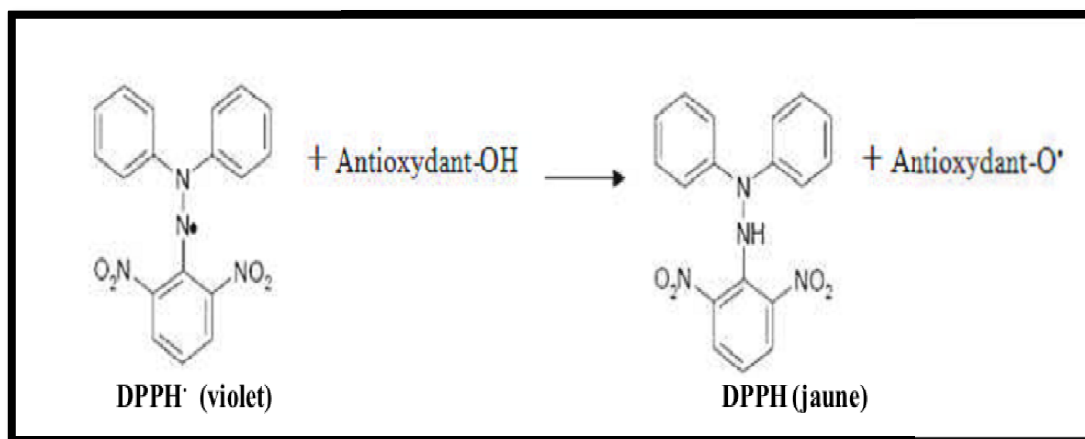
$A_0$  : Absorbance du contrôle le blanc (contenant seulement l'ABTS+)

$A_1$  : Absorbance du test (solution de l'ABTS+ contenant l'extrait de *Fumaria officinalis*.)

### I-3-2. Activité scavenging du radical DPPH

#### Principe :

Le DPPH<sup>•</sup> (1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl), radical libre synthétique (Iqbal *et al.*, 2005) de couleur violette qui vire au jaune, en présence de capteurs de radicaux libres, et se réduit en diphényl picryl hydrazine (Athamena *et al.*, 2010). Ceci permet de suivre la cinétique de décoloration à 517 nm (Figure 15). Cette capacité de réduction est déterminée par une diminution de l'absorbance induite par des substances anti radicalaires.

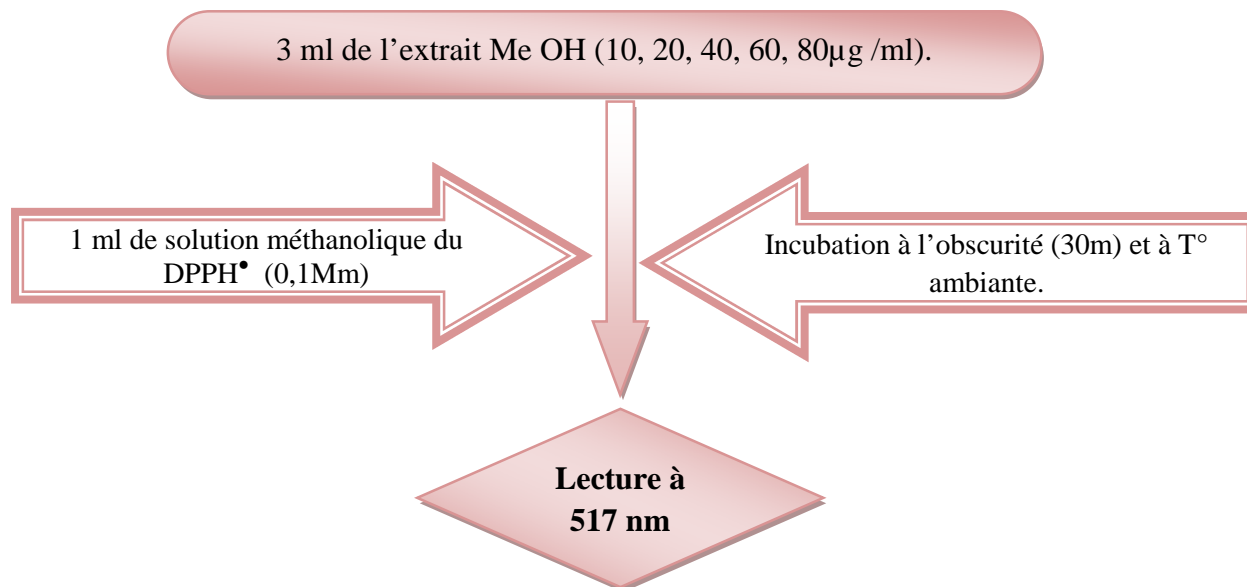


**Figure 15:** Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH (Parejo *et al.* 2002).

#### Mode opératoire

Le protocole expérimental utilisé est celui d'Athamena et collaborateurs (2010) Schématisé sur la Figure16 :





**Figure 16 :** Protocole d'étude de l'activité « scavenging » du DPPH (Athamena *et al.* 2010).

L'acide ascorbique et BHA ont été utilisés comme standard à différentes concentrations. L'activité antiradicalaire de chaque extrait a été estimée en pourcentage d'inhibition selon la formule suivante:

$$\text{Pourcentage d'inhibition du radical DPPH} = [(A_T - (A_E - A_B)) / A_T] \times 100$$

$A_T$  : absorbance du témoin (3ml du solvant (méthanol) + 1ml de DPPH).

$A_E$ : absorbance de l'échantillon (extrait + DPPH).

$A_B$  : absorbance du blanc de l'échantillon. (3ml Extrait + 1ml méthanol).

#### ➤ Calcul des IC<sub>50</sub> :

L'IC<sub>50</sub> ou concentration inhibitrice à 50 % : est la concentration de l'échantillon testé nécessaire pour réduire 50 % de radical DPPH•. Les IC<sub>50</sub> sont calculées graphiquement par les régressions linéaires des graphes tracés : pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations des fractions testées (Torres *et al.* 2006).

### I-3-3. Pouvoir réducteur

#### Principe :

Le pouvoir réducteur d'un extrait est associé à son pouvoir antioxydant. Cette technique a été développée pour mesurer la capacité des extraits testés à réduire le fer ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ) présent dans le complexe de ferricyanure de potassium  $[\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6]$  en fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ). En effet, le  $\text{Fe}^{3+}$  participe à la formation du radical hydroxyle par la réaction de Fenton.

L'absorbance du milieu réactionnel est déterminée à 700 nm (Oyaizu, 1986). Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés (Hubert, 2006).

#### Mode opératoire :

La détermination du pouvoir réducteur a été réalisée selon la méthode de Berker et collaborateur (2007)

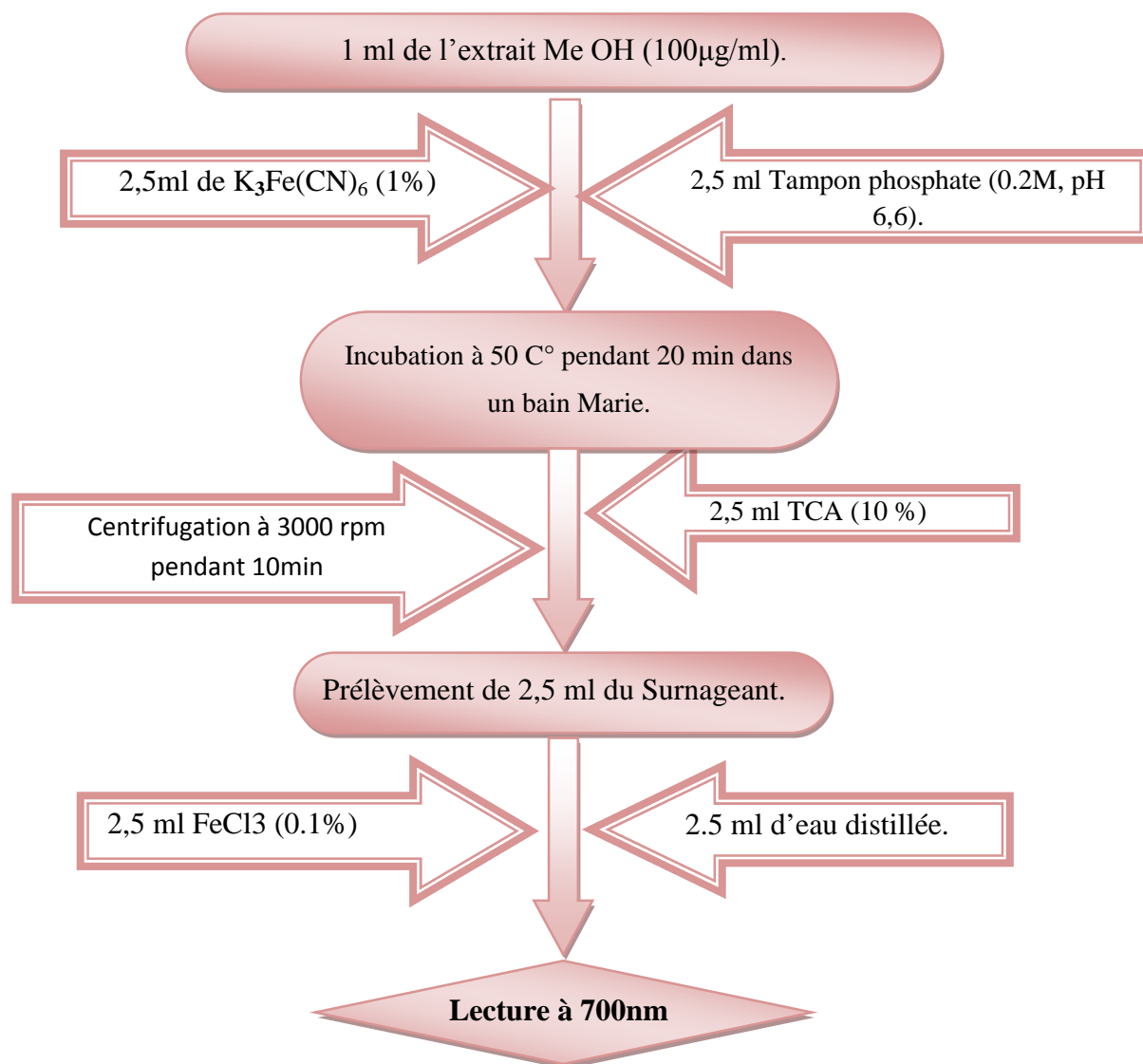


Figure 17 : protocole d'étude du pouvoir réducteur (Berker *et al.* 2007).

## II-1. Taux d'extraction d'alcaloïdes

L'extraction d'alcaloïdes recherchés dans notre étude est réalisée dans un milieu acide en utilisant l'éthanol comme solvant d'extraction, c'est une méthode d'extraction à chaud, solide-liquide continue par le Soxhlet suivant le protocole de **Suau et collaborateurs (2002)**, cette méthode est plus rapide et permet de donner un meilleur rendement avec une grande spécificité.

Le choix de notre solvant a été porté sur l'éthanol comme solvant d'extraction car il permet d'extraire le maximum de composés y compris les alcaloïdes, et possède l'avantage d'être plus facilement éliminer grâce à son aspect volatil et par comparaison au méthanol il est moins toxique (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

Le taux d'extraction d'alcaloïdes de *Fumaria officinalis* à été calculé par rapport à la masse de la poudre initiale (30g) selon la formule suivante :

$$\text{Le rendement \%} = [P_b / P_a] \times 100.$$

Avec :

$P_b$ : le poids d'extrait d'alcaloïdes totaux.

$P_a$ : le poids initial de la poudre végétale.

Le **Tableau VI** résume le pourcentage d'alcaloïdes que renferme la plante étudiée.

**Tableau VI** : Le rendement en alcaloïdes totaux de *Fumaria officinalis*.

$P_a$ (g)	$P_b$ (g)	Taux d'alcaloïdes %
30	0,303	1,01 %

Certaines plantes alcaloïdifères peuvent renfermer jusqu'à **4%** voir **10%** d'alcaloïdes, les *Fumariaceae* sont classées dans le genre de plantes riches en alcaloïdes (**Bruneton, 1999**).

En terme de rendement on peut conclure que *Fumaria officinalis* est riche en alcaloïdes et les travaux de **Sousek et ses collaborateurs (1999)** ont confirmé la richesse de cette dernière en alcaloïdes.

Notre espèce semble être modérément riche en alcaloïdes en comparaison à d'autres espèces du même genre. En effet on observe des résultats inférieurs chez *F.flabellata* avec un taux de **0,67%**, et chez *F.sepium* et *F.agraria* des rendements allant respectivement de **0,88%** et **0,83%** ont été observés (**Susplugas et al. 1975 ; Rahman et al. 1994**). Par contre

*F. capreolata* et *F. bastardii* étudiées par **Suau et collaborateurs, (2002)** montrent une teneur en alcaloïdes supérieure qui est respectivement de **1.33%** et **2.66%**.

Ces différences de rendement peuvent s'expliquer par le type de protocole suivi, la nature du solvant utilisé, le diamètre des particules de l'échantillon ou encore la période de récolte et l'habitat de l'espèce.

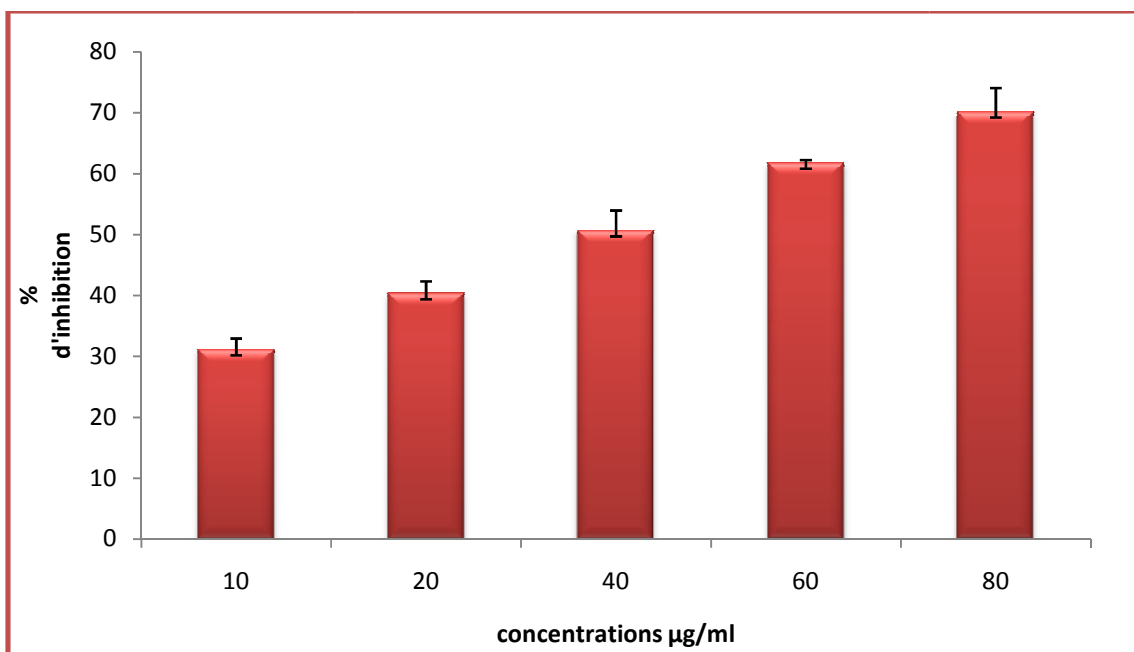
## II-2- Evaluation de l'activité antioxydante de *Fumaria officinalis* :

L'activité antioxydante des extraits d'alcaloïdes de *Fumaria officinalis* est évaluée comme suite :

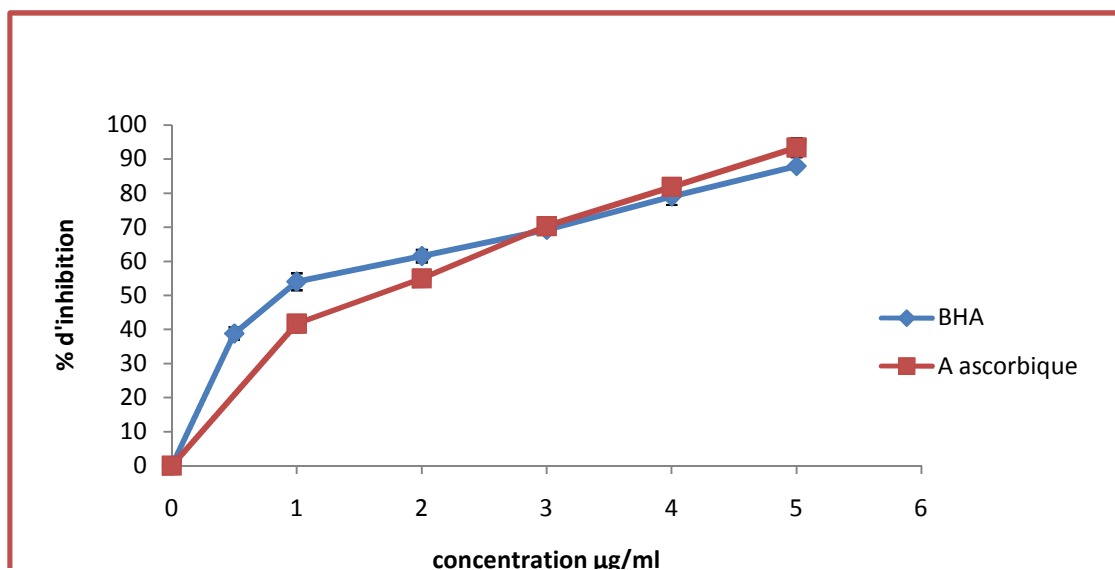
- ❖ Des tests scavenger vis-à-vis des radicaux DPPH et ABTS, qui mesurent le pouvoir anti-radicalaire des différentes substances présentes dans les extraits.
- ❖ Le test de réduction du chlorure ferrique qui mesure le pouvoir réducteur.

### II-2-1. Effet « scavenging » du radical DPPH :

L'extrait d'alcaloïdes de la plante *F. officinalis* a montré une activité anti radicalaire contre le radical DPPH, dépendante de la concentration de l'extrait, par diminution ou changement de la couleur de la solution DPPH du violet vers le jaune. Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH augmente en fonction de la concentration de l'extrait, les résultats obtenus sont exprimés dans la **Figure 18** :



**Figure 18** : Effet scavenger du DPPH des alcaloïdes de *Fumaria officinalis* à différentes concentrations.



**Figure 19** : activité scavenging du radical DPPH des standards à différentes concentrations.

L'activité anti-radicalaire de l'extrait est mesurée par sa capacité à piéger un électron non apparié du radical DPPH, qui est exprimé par le pourcentage de décoloration du DPPH en solution (**Pourmorad et al. 2006**).

Après addition de la solution de DPPH, le changement de couleur est apparu avec différentes intensités dans les solutions éthanoliques de l'extrait à des concentrations variées, cela est dû à la présence de composé antioxydants dans le milieu possédant une capacité scavenger (**Katalinic et al. 2006**). Le pourcentage de décoloration est lié à la nature chimique des antioxydants et à leur concentration (**Qian et Venant, 2004**).

Les alcaloïdes, La vitamine C, la BHA,... sont connus comme des substances antioxydantes dotées d'un potentiel antiradicalaire très important (**He et Venant, 2004**).

La comparaison de l'activité scavenger du radical DPPH de l'extrait et des standards (BHA et l'acide ascorbique) montre une activité anti-radicalaire dépendante de la concentration. A chaque fois que la concentration augmente, le pourcentage d'inhibition augmente. Par exemple, à la concentration de **10µg/ml** de notre extrait nous avons un pourcentage d'inhibition de l'ordre de **31,16%** et à **80µg/ml**, le pourcentage atteint **70,22%**.

Les alcaloïdes de notre plantes ont exhibé une capacité à piéger le radical DPPH mais qui est proportionnellement faible par rapport à celle obtenue avec la BHA et l'acide ascorbique (**Figure 19**). En effet pour, une concentration de **1µg/ml**, l'Acide ascorbique et la BHA ont

montré respectivement un effet scavenger de **41,65%** et **53,98%** qui sont largement plus élevés que celui obtenu par notre extrait d'alcaloïdes qui est de **31,16%** pour une concentration de **10µg/ml**.

**Shirwaikar et ses collaborateurs (2006)** ont mené une étude sur un alcaloïde de type isoquinoléine « **la berberine** », qui a montré que ce dernier exerce une activité antiradicalaire très remarquable vis-à-vis du radical DPPH. Une concentration de « **2µg/ml** » s'avère la limite la plus inférieure exerçant un effet antiradicalaire.

Les différences observées entre le résultat de la présente étude et ceux rapportées par la littérature peuvent être attribuées à divers facteurs tel que : la présence d'un groupement hydroxyle, la structure moléculaire du composé, la disponibilité de l'hydrogène phénolique et à la possibilité de la stabilisation du radical formé résultant d'un donneur d'hydrogène (**Dawidowiez et al. 2006**).

Il est important de noter que plusieurs facteurs dans la molécule antioxydante influencent l'activité antiradicalaire. Au niveau des alcaloïdes, une méthylation des groupements « **OH** » ou une oxydation réduit ou détruit l'activité antiradicalaire de la molécule (**Racková et al. 2004**).

➤ **Détermination des IC<sub>50</sub> (concentration inhibitrice à 50%)**

Les données obtenues précédemment ont révélé les IC<sub>50</sub> qui sont représentées dans le **Tableau VII** ci-dessous :

**Tableau VII** : Les IC<sub>50</sub> des standards et des alcaloïdes de *F. officinalis*.

Substances	Alcaloïdes	Acide ascorbique	BHA
IC <sub>50</sub> (µg/ml)	38,7	1,61	0,98

Les **IC<sub>50</sub>** de l'acide ascorbique et de la BHA sont largement inférieures à celle de notre extrait, donc l'acide ascorbique et la BHA présentent une grande activité antiradicalaire.

De même, l'extrait présente une bonne activité anti-radicalaire contre le DPPH mais à des concentrations beaucoup plus élevées.

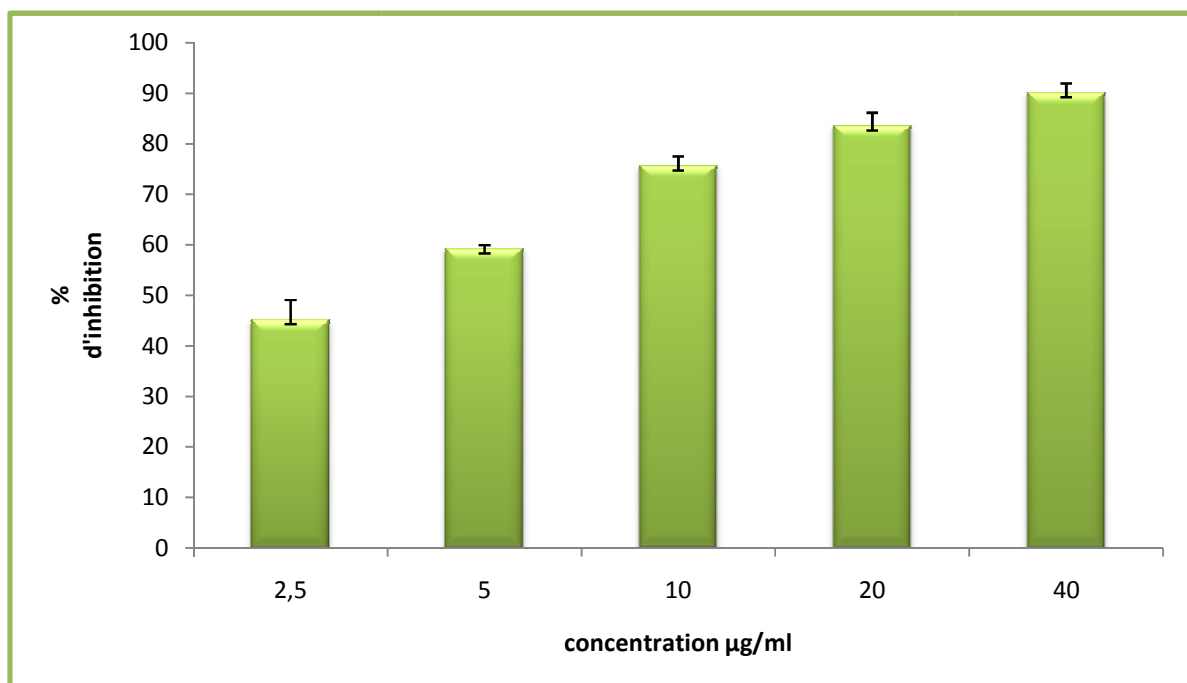
L'activité anti-radicalaire se classe donc dans l'ordre croissant suivant :

Extrait d'alcaloïdes < Acide ascorbique < BHA.

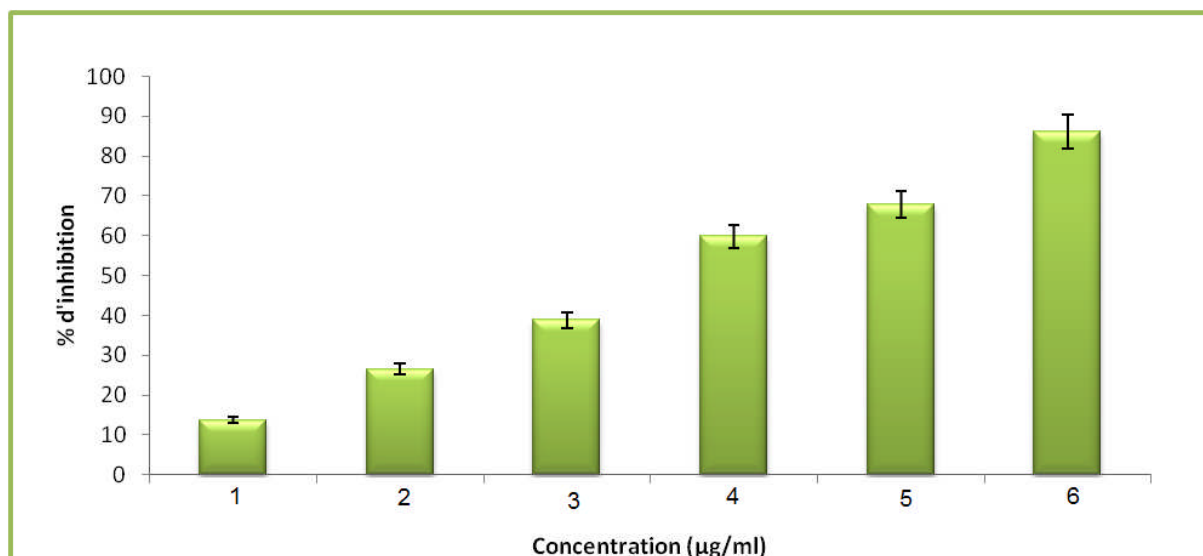
### II-2-2. Effet « scavenging » du radical ABTS<sup>•+</sup>

Le radical ABTS<sup>•+</sup> est largement utilisé pour déterminer l'activité antioxydante des extraits des plantes (Milardovic *et al.* 2006). L'activité antioxydante de l'extrait d'alcaloïdes de *Fumaria officinalis* a été aussi déterminée par la méthode TEAC (Trolox Equivalent Antioxydant Capacity) qui est utilisée comme antioxydant de référence à cause de son analogie structurale avec la vitamine E. Ainsi, plus la valeur TEAC est élevée, plus l'antioxydant est efficace (Françoise *et al.* 2004).

L'ABTS<sup>•+</sup>, en contact avec un donneur de H<sup>•</sup> conduit à la formation de l'ABTS<sup>+</sup> et à la décoloration de la solution à 734nm (Marc *et al.* 2004).



**Figure 20 :** activité scavenging du radical ABTS<sup>•+</sup> des alcaloïdes de *F.officinalis* à différentes concentrations.



**Figure 21** : activité scavenging ABTS du Trolox à différentes concentrations.

D'après les résultats illustrés dans la **Figure 20**, on remarque que les extraits des alcaloïdes de *Fumaria officinalis* ont montré de puissants effets scavenger contre le radical ABTS à différentes concentrations. Avec une activité de **45,31%** pour une concentration de **2,5µg/ml** et de **90,24%** pour une concentration de **40µg/ml**.

La **Figure 21**, illustre le pourcentage des résultats enregistrés sur l'activité du Trolox à piéger le radical ABTS<sup>+</sup>, ce dernier exerce une forte activité à des concentrations allant de **1 à 6µg/ml** avec un pourcentage d'inhibition respective de **13,70%** et **86,09%**.

A partir des graphes précédents, une comparaison est faite entre les résultats obtenus avec le Trolox et ceux obtenus en présence des composés d'alcaloïdes de l'extrait de *Fumaria officinalis*. On peut déduire alors que *F.officinalis* à une activité supérieure à celle du Trolox. On constat que pour une concentration de **5µg/ml** le Trolox montre un effet inhibiteur de **67.74%**, et les alcaloïdes exhibent un taux de **59.32%**.

Le témoin montre une légère différence de taux d'activité scavenger par rapport à notre extrait dans la même gamme de concentrations qui est estimé de **8,42%**. Par exemple, pour une même concentration de **5µg/ml**, le Trolox à montré un effet scavenger de **67.74%**, par contre les alcaloïdes ont montré un taux de **59.32%** d'activité.



Ces résultats peuvent être dus au fait que notre plante est aussi riche en différents types d'alcaloïdes et la synergie entre ces derniers peut expliquer leur pouvoir antiradicalaire important à piéger le radical ABTS<sup>+</sup>.

L'IC<sub>50</sub> du Trolox est estimée à **3,6µg/ml** et celle de l'extrait d'alcaloïde de *Fumaria officinalis* est de **2,8µg/ml**. D'après ce résultat, nos extraits ont montré la plus faible IC<sub>50</sub>, donc ils présentent une grande activité anti-radicalaire contre le radical ABTS<sup>+</sup>.

### II-2-3. Le pouvoir Réducteur

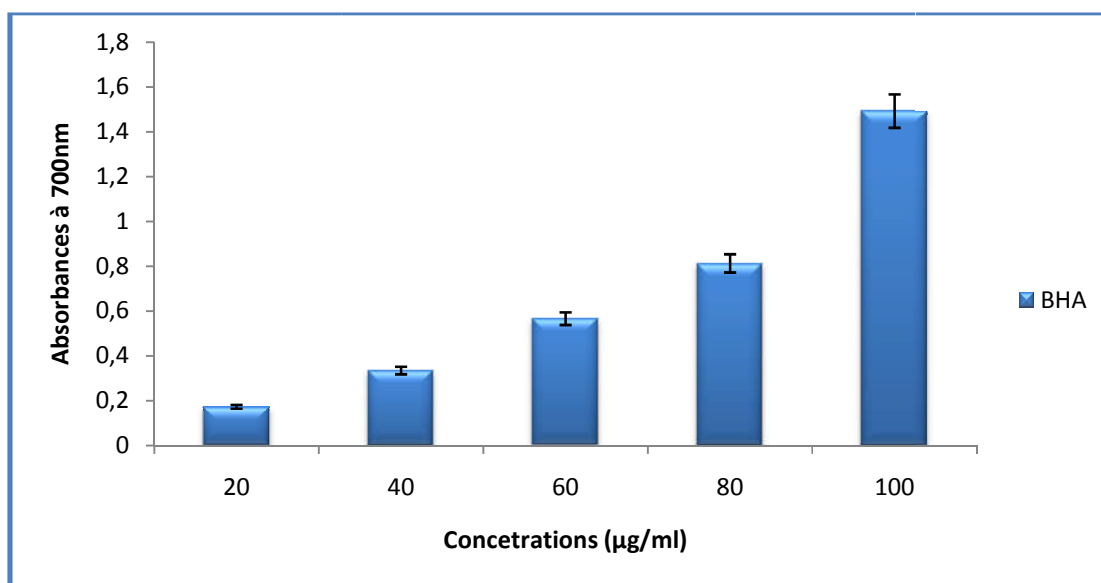
De nombreux auteurs considèrent la capacité réductrice d'un composé comme un indicateur significatif de son potentiel antioxydant (**Kranl et al. 2005**).

Dans ce test nous avons mesuré le potentiel réducteur à travers la réduction du complexe (Fe<sup>3+</sup>) en forme ferreuse (Fe<sup>2+</sup>) qui s'est traduit par une couleur bleue.

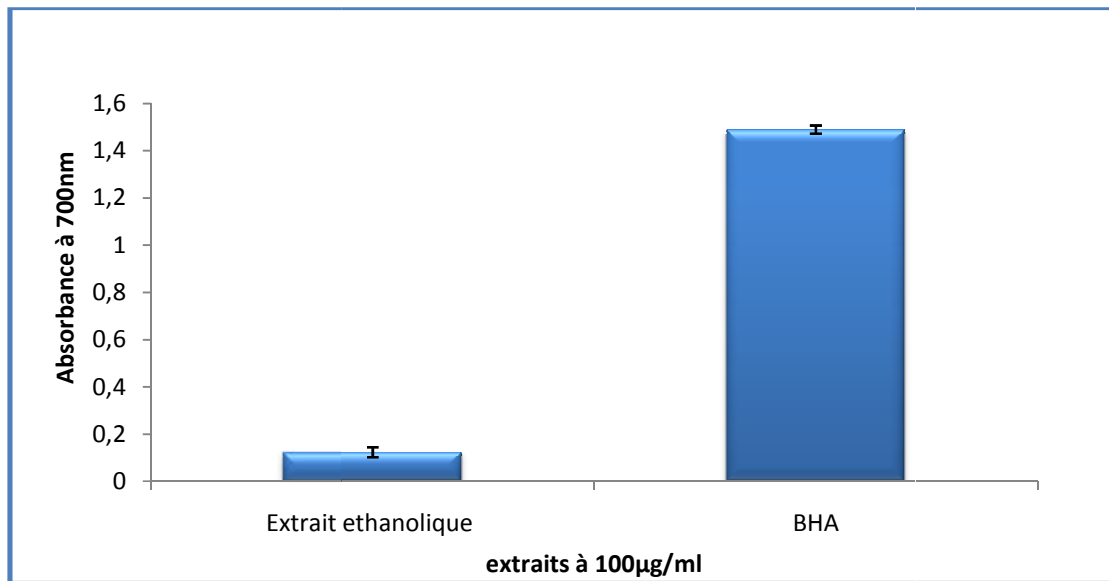
L'absorbance du mélange est proportionnelle à l'intensité de la couleur (**Wojdyło et al. 2007**).

Les résultats représentés dans les Figures 22 et 23 montrent que la capacité de réduction est proportionnelle à l'augmentation de la concentration des échantillons.

Les absorbances proportionnelles à la réduction de l'ion ferrique (Fe<sup>3+</sup>) en ion ferreux (Fe<sup>2+</sup>) dans le test du pouvoir réducteur du standard (BHA), et de l'extrait sont illustrées dans les **Figure 22 et 23**.



**Figure 22** : Pouvoir réducteur de la BHA en fonction de la concentration.



**Figure 23** : représentation graphique du pouvoir réducteur des extraits de *F.officinalis* et de la BHA à 100µg/ml.

Les résultats de la **Figure 22** indiquent que le pouvoir réducteur augmente avec l'augmentation de la concentration en substance standard BHA.

L'absorbance reflète la quantité de composés antioxydants présente dans l'échantillon testé (**Zhan et al, 2006**), cette mesure permet une évaluation « semi quantitative » des composés participant à la réaction réductrice (**Ozturks et al, 2006**).

A partir de l'histogramme de la **Figure 23** on remarque en premier lieu que les extraits de *Fumaria officinalis* ne possèdent pas un fort pouvoir réducteur (**0,124 ± 0,006**) comparativement à la BHA (**1,49 ± 0,02**).

Selon une étude réalisée par **Maiza-Benabdesselam** et ces collaborateurs, (**2007**), les alcaloïdes de *Fumaria officinalis* possèdent un meilleur pouvoir réducteur à des concentrations largement inférieures comparé à *Fumaria bastardii* et *Fumaria capreolata*.

La nature et la concentration des antioxydants modulent l'intensité du pouvoir réducteur ainsi intervient la position et le nombre de groupements hydroxyles.

**L**a présente étude a porté sur la partie aérienne de *Fumaria officinalis* qui appartient à la famille des *Fumariaceae*, une des familles les plus importantes dans la flore Algérienne et les plus utilisées par les thérapeutes traditionnels.

Cette étude a été réalisée pour extraire les composés alcaloïdiques, et évaluer leur activité antioxydante (anti DPPH, anti ABTS et pouvoir réducteur).

**L**e protocole d'extraction appliqué est de type liquide-solide, en utilisant un solvant organique, l'éthanol (99%). Le taux d'extraction obtenu est de 1,01%.

**L**a mesure de l'activité anti-radicalaire, qui a été testée par les méthodes DPPH et ABTS exprimée en pourcentage d'inhibition, a révélé que le pourcentage d'inhibition de l'extrait vis-à-vis de :

- DPPH est de **70,22%** à une concentration **80µg/ml**.
- l'ABTS le pourcentage d'inhibition est de **90,24%** à une concentration de **40µg/ml**.

Selon les résultats obtenus dans cette étude, nous pouvons constater que l'extrait éthanolique des alcaloïdes de notre plante à une bonne activité antioxydante et une capacité assez importante à piéger les radicaux libres.

**E**n ce qui concerne le pouvoir réducteur, l'extrait de la plante étudiée à révéler une capacité réductrice du fer qui est proportionnelle à la concentration, d'où l'absorbance est de l'ordre de **0,124** pour une concentration de **100µg/ml**.

**A**u terme de ce travail, et pour compléter la présente étude, il serait intéressant:

- D'approfondir les recherches sur les propriétés pharmacologiques de *Fumaria officinalis*.
- De faire des tests *in vitro* et *in vivo* pour évaluer d'autres propriétés antioxydantes, anti-enzymatiques, antimicrobiennes et anti-inflammatoires.

## A

**Agarwal- Raman, R. (1937).** Chemical analysis of Indian medicinal plants. The active constituents of *Fumaria officinalis*. *Bedd. Chemical laboratory*, University of Allahabad. P : 319-323.

**Alain Favier. (2003).** Le stress oxydant intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique*, p : 501-512.

**Allain, H. (1999).** Pharmacologie des radicaux libres : application à la dégénérescence. *Laboratoire de pharmacologie*. P : 62-71.

**Amzal Hassen. (2010).** Étude de l'activité antioxydante des saponines du tourteau de l'arganier. Thèse de Doctorat. Université Mohammed V AGDAL. RABAT.

**Athamena, S., Chalghem I., Laouar, A.K., Laroui, S., et Khebri, S. (2010).** Activité Anti-Oxydante et Antimicrobienne d'extraits de *cuminum cyminum L.* *Lebanese Science Journal*, Vol. 11, No. 1.

## B

**Barré, Y. (1967).** Migraine and *Fumaria officinalis*. *Sem Ther* **43(5)**: 307-8

**Belanger, M.C. (2007).** Le stress oxydant. Collection mémoire et thèse électronique. Université Laval. P : 147-167.

**Bonnefont-Rousselot, D., Thérond, P. (2005).** « Systèmes antioxydants endogènes ». *Radicaux libres et stress oxydant*. Lavoisier, Paris, p 87-111.

**Bergès, J., Sicart-Roselli, C., et Houée-Levin, C. (2005).** Chimie et Biochimie radicalaire. *Edition Belin. Paris*. P : 104-108.

**Bezanger-Beauquesne., Pinkas, M., et Torck, M. (1986).** Les plantes dans la thérapeutique moderne. *Edition Maloine*. P : 221-222.

**Beaudeau, J.L., Bonnefont-Rousselot, D., Delattre, J., Legrand, A., Peynet, J., et Therond, P. (2006).** Le stress oxydant, composante physiopathologique de l'athérosclérose. *Immuno-analyse & Biologie spécialisée*, **21**: 144–150.

**Bernard, B. (1997).** Dictionnaire : plante et champignon. *Edition Estem. France*. P : 349.

**Berker, K.I., Guçlu, K., Tor, I., and Apak, R. (2007).** Comparative evaluation of Fe reducing power-based antioxidant capacity assays in the presence of phenanthroline, batho-phenanthroline, tripyridyltriazine (FRAP), and ferricyanide reagents. *Talanta*. In press.

**Bielski, B.H., Richter, H.W and Chan, P.C. (1975).** Some properties of the ascorbate free radical. *Ann N Y Acad Sci.* (258):231-237.

**Biesalski, H.K., Hemmes, C., Hopfenmaller, W., Schmid, C., and Gollnick, H.P. (1996).** Effects of controlled exposure of sunlight on plasma and skin levels of  $\beta$ -carotene. *Free Radio Res*, **24** : 215-224.

**Binove, L. (2001).** Oxydant /antioxydant : un équilibre important.

**Blanco, O.M., Castedo., villaverde, I. (1993).** Alkaloids from *platycapnos spicata*. *Phytochemistry.* (32), p: 1055-1057.

**Bock, B. (2009).** *Fumaria officinalis L*, pieds de Céline. Tela Botanica, Base de données nomenclature de la flore de France.

**Boldyrev, A. A. (2005).** Protection of proteins from oxidative stress : a new illusion or a novel strategy? *Ann.N.Y.Acad.Sci.* **1057**:193-205.

**Bonnier., et Layens. (1894).** Tables synoptiques des plantes vasculaires de la flore de France.

**Borg, J et Reeber, A. (2004).** Intégration des métabolismes et stress oxydant. In <<Biochimie métaboliques >>. *Ed Ellipses, Paris*. P : 217-225.

**Boucard, M et Laubenheimer, B. (1966).** Action du nébulisât de fumeterre sur le débit biliaire du rat. *Thérapie*, **21** : 903-11.

**Boyd, B., Ford, C., Koepke Michael, C., Gray, K., Horn, E., McAnalley, S., et McAnalley, B. (2003).** Etude pilote ouverte de l'effet antioxydant d'Ambrotos AOTM sur des personnes en bonne santé. *Glycoscience et Nutrition*. **4 (6)**, p : 7.

**Bradley, P.R. (1992).** British Herbal Compendium, *vol 1*. British Herbal Medicine Association, Bournemouth

**Bruneton, J. (2009).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. *Edition Lavoisier TEC et DOC*. P : 915-945.

British Herbal Pharmacopoeia (1990), *vol 1*. British Herbal Medicine Association, Bournemouth

## C

**Chung, Y.C., Chang, C.T., Chao, W.W., Lin, C.F., and Chou, S.T. (2002).** Antioxidative activity and safety of the 50% ethanolic extract from red bean fermented by *Bacillus subtilis* IMR-NK1. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**, 2454–2458.

**Collins, A.R., Brown, J., and Bogdanov, M. (2000).** Comparison of different methods of measuring 8-oxoguanine as a marker of oxidative damage. *Free Radical Res*, **(32)** : 333-341.

**Couplan, F., et Doux, Y. (2007).** Reconnaître facilement les plantes. *Edition Delachaux et Nestlé*. P : 348.

**Cronquist, A. (1981).** An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York.

**Cuendet, M. (2000).** Recherche de nouveaux composés capteurs de radicaux libres et antioxydants à partir d'une plante d'Indonésie. Thèse de doctorat.

## D

**Dawidowicz, A., Wianowska, D., and Baraniak, B. (2006).** The antioxidant properties of alcoholic extracts from *Sambucus nigra L.* (antioxidant properties of extracts). *LWT*. (39), p: 308-315

**Delattre, J., Durand, G., et Jardillier, J.C. (2003).** Biochimie pathologique. Aspects moléculaires et cellulaires. *Edition Flammarion*, Paris. P : 60-70

**Descamps-Latscha, B., et Witko-Sarsat, V. (2003).** Le stress oxydant dans l'insuffisance rénale chronique et l'hémodialyse. *Néphrologie*. Vol .24 :377-379.

**Deysson, G. (1979).** Organisation et classification des plantes vasculaires, deuxième partie : systématique. *Edition Sedes*. Paris. P : 277-279.

**Dradra, N., et Touati, G. (2006).** Substances actives de *Fumaria capreolata* : dosage des polyphénols totaux et des tanins. Caractérisation et identification de quelques alcaloïdes par GC-MS. Mémoire DES, FSNV, Université de Bejaia.

**Drake, I.M., Davies, M.J., Mapstone, N.P., Dixon, M.F., Schorah, C.J., White, K.L., Chambers, D.M., and Axon, A.T. (1996).** Ascorbic acid may protect against human gastric cancer by scavenging mucosal oxygen radicals, *Carcinogenesis*, Vol 17, p : 559-562.

**Duval, C. (2002).** Oxydation des lipoprotéines de faibles densités implication de la mitochondrie et de la prolifération cellulaire. Thèse de doctorat.

## *E*

**El-Agamey, A., Lowe, G.M., McGarvey, D.J., Mortensen, A., Phillip, D.M., Truscott, T.G., et Young, A.J. (2004).** Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. **430** : 37-48.

**Emerit, J., Fechner, J., et Gall, A. (1986).** *La presse Mondiale*. **15 (16)** : 751-754.

**Evans, J.L., Goldfine, I.D., Maddux, B.A., and Grodsky, G.M. (2002).** Oxidative stress and stress activated signaling pathways: a unifying hypothesis of type 2 diabets, *Endocr Rev*, **23**: 599-622.

## *F*

**Favier A. (2003).** Le stress oxydant intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique*, p : 108-115.

**Fiegel, G. (1971).** Amphocholeretic effect of *Fumaria officinalis*. *Z Allgemeinmed* **47(34)**: 1819-20.

**Forgacs, P., Buffard, G., et Jehanno, A. (1982).** Composition chimique des Fumariacées. Alcaloïdes de quatorze espèces de *Fumaria*. *Plantes Med Phytother* **16**: 99-115



**Forgacs, P., Jehanno, A., et Provost, J. (1986).** Alcaloïdes des Papavéracées II. Composition chimique de 17 espèces de *Fumaria*. *Plantes Med Phytother* **20**: 64-81

**Fouché, J.G., Marquet, A., et Hambuckers, A. (2000).** Les plantes medicinales, de la plante au médicament . *Observatoire du monde des plantes* Sart-Tilman.

**Fournie. (1934-1940).** Quatre Flores de France.

**Marc Françoise., André Davin., Laurence Deglène-Benbrahim., Carine Ferrand., Michel Baccaunaud., et Pierre Fritsch. (2004).** Méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant dans les aliments *M/S : médecine sciences*, vol. **20**, n° 4, p : 458-463.

## G

**Gardés, A.M., Bonnefont, D.R., Abedizadeh, Z., et Jore, D. (2003).** Espèces réactives de l'oxygène : comment l'oxygène peut-il devenir toxique ? *L'actualité chimique*. P : 91-95.

**Girotti-Chanu, C. (2006).** Etude de la lipolyse et de la synthèse de composé du derme sous l'effet de la *cirsimarine*, *Flavone* Extraite de *Microtea Debilis*. L'Institut national des sciences appliquées. Lyon. Thèse de doctorat.

**Goetz, P., Ghedira, K., Le Jeune, R. (2009).** *Fumaria officinalis* L. (fumariaceae). *Phytothérapie* (7). P : 221-225.

**Gutteridge, J.M. (1993).** Free radicals in disease processes: a compilation of cause and consequence, *Free Radic Res Commun*, **19**: 141-158.

## H

**Hadi, M. (2004).** La quercétine et ces dérivés : molécules à caractère pro-oxydant ou capteurs de radicaux libres ; étude et application thérapeutique. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en science de l'université Louis Pasteur Domaine : pharmacochimie. P : 155.

**Halliwell, B. (1993).** The role of oxygen radicals in human disease, with particular reference to the vascular system. *Haemostasis* **23 Suppl 1**:118-126.

**Handing, J. (2005).** Bienfaits des herbes et des plantes, un guide pour la culture et l'utilisation des herbes aromatiques et des plantes médicinales. *Edition Parragon*. P : 62.

**He, Q., et Venant, N. (2004).** Antioxidant power of phytochemicals from *Psidium Guajava* leaf. *J Zhejiang*. **5(6)**, p: 676-683.

**Helm, J.P., Chazan, J.B., et Perrin, J.L. (1999).** Antioxydant inactif et additif en cosmétologie. *Edition Technologie et documentation*. 329-352

**Hensley, K., Benaksas, E.J., Bolli, R., and al. (2004).** New perspectives on vitamine E : gamma-tocophérol and carboxyel-thylhydroxychroman metabolites in biology medicine. *Free Radic Biology Medecine*. **36(1)** : 1-15.

**Hentschel, C., Dressler, S., and Hahn, E.G. (1995).** *Fumaria officinalis* (fumitory)-clinical applications. *Fortschr Med* **113(19)**: 291-2

**Hermansson, J., and Sandberg, F. (1973).** Alkaloids of *Fumaria officinalis*. *Acta Pharm Suec* **10(6)**: 520-2

**Hillel, D. (1986).** L'eau et le sol. Principe et processus physique. *Edition Cabaye Librairie*. P : 10-12

**Hiller, K.O., Ghorbani, M., and Schilcher, H. (1998).** Antispasmodic and relaxant activity of chelidonine, protopine, coptisine and *Chelidonium majus* extracts on isolated guinea-pig ileum. *Planta Med* **64(8)**: 758-60.

**Hubert, A.J. (2006).** Caractérisation biochimique et propriétés biologiques des micronutriments du germe de soja. Etude des voies de sa valorisation en nutrition et santé humaine. Thèse de doctorat de l'institut national polytechnique de Toulouse, école doctorale des Sciences Ecologiques, Vétérinaires, Agronomiques et Bioingénieries, spécialité : qualité et sécurité des aliments, p : 174.

**Hubert Richard. (1998).** Biochimie de l'aliment, acides aminés et oligopeptides ENSIA.

## I

**Iqbal, S., Bhangar, M.I., and Anwar, F. (2005).** Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistan. *Food chemistry*. **93** : 265-272

**Iserin, P., Masson, M., Restellini, J.P. (2001).** Encyclopédie des plantes médicinales. Identification, préparation, soins. *Edition Larousse. Paris*. P : 19-21.

**Ivanova, D., Gerova, D., Chervenkov, T., and Yankova, T. (2005).** Polyphenols and antioxidant capacity of Bulgarian medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*. **(96)**, p: 145–150.

**Iwasa, K., Moriyasu, M., Nader, B. (2000).** Fungicidal and herbicidal activities of berberine related alkaloids. *Biosc.Biotechnol.Biochem*. **64(9)**, p: 1998-2000.

**Iwasa, K., Moriyasu, M., Tachibana, Y., Kim, H.S., Wataya, Y., Wiegrede, W., Bastow, F.K., Cosentino, M., Kozuka, M., and Lee, H.K. (2001).** Simple isoquinoline and benzyloisoquinoline alkaloids as potential Antimicrobial, Antimalarial, Cytotoxic and Anti-HIV agents. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. **(9)**, p : 2871-2884.

**Iwasa, K., Moriyasu, M., Yamori, T., Turuo, T., Lee, D.U., and Wiegrede, W. (2001).** *In vitro* cytotoxicity of the protoberberine-type alkaloids. *J.Nat.Prod*. **(64)**, p : 896-898.

**J**

**Janzein, P. (1995).** Flore des champs cultivés. *Edition Sopra. Paris.* P : 553.

**Owen, P.L and Johns, T. (1999).** Xanthine oxidase inhibitory activity of northeastern North American plant remedies used for gout. *Journal of Ethnopharmacologie.* **64:** 149-160.

**Judde, A. (2004).** Prévention de l'oxydation des acides gras dans un produit cosmétique : mécanisme, conséquence, moyenne de mesure, quels antioxydants pour quelles applications. **11 (6) :** 414-418.

**K**

**Katalinic, V., Milos, M., Kulisic, T., and Jukic, M. (2006).** Screening of 70 medicinal plant extracts of antioxidant capacity and totalphenols. *Food Chemistry.* **94 :** 550-557.

**Komaszewska, E.W., Petruczynik, A., Jozwiak, G., Kesik, K., and Waksmundzka-Hajnos, M. (2007).** Quantitative determination of protopine in *Fumaria officinalis* extracts by Hight performance liquide chromatography. *Annale, Universitatis Mariae Curie-Sklodowska, Lublin-Polonia.* P : 77.

**Koyama, T., Goto, D., Fujii, S., Tarikuz Zaman AKM., Sakuma, I., Gao, M., Mitchell J, Woodcock-Mitchell, J., Sobel, BE., and Kitabatake, A. (1999).** Long-term blockade of nitricoxide synthesis in rats modulates coronary network remodeling. *Angiogenesis* **3:**137-46.

**Kranl, K., Schlesier, K., Bitsch, R., Hermann, H., Rohe, M., and Bohm, V. (2005).** Comparing antioxidative food additives and secondary plant products – use of different assays. *Food Chemistry.* (**93**), p: 171–175.

**Kumar, A., Pandey, V.B., and Seth, K.K. (1986).** Pharmacological actions of Fumariline isolated from *Fumaria indica* Seeds. *Planta M* 52(4): 324-5

**L**

**Lagnika, L. (2005).** Etude phytochimique et activité biologique de substances naturelles isolées de plantes Béninoises. Thèse de doctorat. *Université Louis Pasteur*. Strasbourg. P : 90-94

**Lampe, W.J. (1999).** Health effects of vegetables and fruits : assessing mechanisms of action in human experimental studies. *American Journal of Clinical Nutrition*, **70** : 475-490.

**Larousse. (2001).** Encyclopedia of medicinal plants. 2<sup>nd</sup> Edition Vuief, p : 213.

**Lee, Y.A., Cho, E.J., Tanaka, T. et Yokozawa, T. (2004).** Inhibitory Activities of Proanthocyanidins from Persimmon against Oxidative Stress and Digestive Enzymes Related to Diabetes. *J. Nutri. Sci. Vitaminol.* (**53**). P : 287-292.

**Lesgards, J.F. (2000).** Contribution à l'étude du statut antioxydant de l'homme. Aspects chimiques et biochimiques. Université d'Aix-Marseille. Thèse de doctorat. P : 2-12.

**Liangli, Y and Zhou, K. (2004).** Antioxidant properties of bran extracts from "Platte" wheat grown at different locations. *Food Chemistry.* (**90**), p: 311-316.

**Liden, M. (1986).** Synopsis of *Fumariodeae* (*Papaveraceae*) with a monograph of the tribe *Fumariaceae*. *Opera Botanica.* (**88**), p: 1-133.

**Lisu, W., Jui-Hung, Y., Hsiao-Ling, L., and Ming-Jiuan, W. (2003).** Antioxydant effect of methanol extracts from Lotus Plumule and Blossom (*Nelumbo nucifera* Gertn), *Journal of food and drug analysis*, **11**(1) : 60-66.

**Luciell, D. (2007).** Plante médicinales en Algérie. *Edition Petri. Paris.* P : 120.

**M**

**Mabey, R. (1996).** Flora Britannica. Sinclair-Stevenson, la Grande-Bretagne

**Maiza-Benabdesselam, F., Khentache1, S., Bougoffa1, K., Chibane, M., Adach, S., Chapelour, Y., Max, H., and Laurain-Mattar, D. (2007).** Antioxidant activities of alkaloid extracts of two Algerian species of *Fumaria*: *Fumaria capreolata* and *Fumaria bastardii*. *Rec. Nat. Prod.*, **1**:(2-3), P : 28-35. *Nutrition*, 44: 307-315.

**Marfak, A. (2003).** Radiolyse gamma des flavonoïdes. Etude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools : formation de depsides. Université de Limoges. Thèse de doctorat.

**Marc, F., Davin, A., Deglène-Benbrahim, L., Ferrand, C., Baccaunaud, M., et Fritsch, P. (2004).** Méthode d'évaluation du potentiel antioxydant dans les aliments *Medecine/Sciences*. **4** : 458-463.

**Massa, V. (1971)** Sur les pigments phénoliques du *Fumaria officinalis* L. *Trav Soc Pharm Montpellier* **31**: 233-6.

**Mchaffie, H. (2004).** Six Scottish species of Fumitory including the Nationally Scarce. *Scottish Natural Heritage*. p : 3-12.

**Mighri, H., Hajlaoui, H., Akrouf, A., Najjaa, H., and Neffati, M. (2010).** Antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia herba-alba* essential oil cultivated in Tunisian arid zone. *C. R. Chimie* **13**: 380–386

**Milane, H. (2004).** La quercétine et ces dérivées : molécule a caractère pro-oxydant ou capteur de radicaux libres, étude et application thérapeutique. Université Louis Pasteur. Thèse de doctorat en Sciences, Université Louis Pasteur Strasbourg I. France. P : 159.

**Milardovic, S., Ivekovic, D., and Grabaric, B.S. (2006).** A novel amperometric method for antioxidant activity determination using DPPH free radical. *Bioelectrochemistry*. **(68)**, p: 175-180.

**Miller, N.J., Rice-Evans, C. (1997).** Factor influencing the antioxidant activity determined by the ABTS<sup>+</sup> radical cation assay. *Free Radical Biol. Med.* **(26)**, p: 195- 199.

**Miquel, J. (2002).** Can antioxidant diet supplementation protect against age-related mitochondrial damage? *Ann N Y Acad Sci.* **959**:508-16. 508-516.

**Mohammedi, Z. (2006).** Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelque plantes de région de Tlemcen. Université Abou Bakr Belkaid (Tlemcen). Thèse de magister.

**Molyneux, P. (2004).** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH<sup>o</sup>) for estimating antioxidant activity Songklanakar. *Journal of Sciences and Technologies.* **26 (2)**: 211-219.

**Morel, Y et Barouki, R. (1999).** Repression of gene expression by oxidative strsse. *Biochem J.* **342(3)** : 481-496.

## O

**Ostrakhovitch, E.A and Afanas'ev I.B. (2001).** Oxidative stress in rheumatoid arthritis leukocytes: suppression by rutin and other antioxidants and chelators. *Biochem.Pharmacol.* **62**:743-746

**Oyaizu, M. (1986).** Studies on products of browning reaction prepared from glucose amine, *Japanese Journal of Nutrition,* **44**: 307-315.

**Ozturks M, Aydogmus\_F,Ozturk b, Duru E.M, Topc G (2006)** - Antioxidant activity of stem and root extracts of Rhubarb (*Rheum ribes*): An edible medicinal plant. *Food Chemistry.* **(5), p: 9-16.**

**Ozyurek, M., Bektasoglu, B., Guçlu, k., et Apak, R.(2008).** Hydroxyl radical skavenging assay of phenolics and flavonoids with a modified cupric reducing degradation. Analytica (CUPRAC) method using catalas for hydrogen peroxide degradation. *Analytica chimica acta.* **6 (16)** : 196-206.

## P

**Packer, L., Tritschler, H.J., and Wessel, K. (1997).** Neuroprotection by the metabolic antioxidant alpha – lipoic acid, *Free Radic Biol Med*, **22**: 359 – 378.

**Parejo, I., Viladomat, F., Bastida, J., Rosas-Romero, A., Flerlage, N., Burillo, J., and Codina, C. (2002).** Comparison between the radical scavenging activity and antioxidant activity of six distilled and nondistilled Mediterranean herbs and aromatic plants. *J Agric Food Chem.* **50**: 6882–90.

**Pastre, J.O.C. (2005).** Intérêt de la supplémentation en antioxydants dans l'alimentation des carnivores domestique. Université *Paul-Sabatier* de Toulouse. Thèse de doctorat.

**Pourmorad, F., Hosseinimehr, S.J et Shahabimajd, N. (2006).** Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African journal of biotechnology.* **5 (11)**:1142-1145.

## Q

**Qian, H et Venant, N.B. (2004).** Antioxidant power of phytochemicals from *psidium guajava* leaf. *J Zhejiamguniv SCI.* **5(6)** : 676-683.

**Quezel, P et Santa, S. (1963).** Nouvelle Flore de l'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales. *Edition CNRS*, p : 2-59.



**R**

**Racková, L., Májeková, M., Kost'álová, D., and Stefek, M. (2004).** Antiradical and antioxidant activities of alkaloids from *Mahonia aquifolium*. Structural aspects. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. (12), p: 4709-4715.

**Rahman, A.U., Shakil, A., Kalid-Batti, M., Iqbal-Choudhary, M., (1994).** Alkaloids constituents of *Fumaria indica*. *Phytochemistry*. 2(40), p: 593-596.

**Ribéreau-Gayon P. (1968).** Notion générales sur les composés phénoliques. In « Composées phénoliques des végétaux ». Edition Dunod, Paris, pp : 105-133.

**Rehman, A., Nourooz, J., and Moller, W. (1999).** Increased oxidative damage to all DNA bases in patients with type II diabetes mellitus. *FEBS letts*. 448, P : 120-122.

**S**

**Saettel, L. (2002).** Les radicaux libres. Université Louis Pasteur. Paris.

**Salvayre, A.N et Salvayre, R. (2005).** Effet protecteur des acides gras contre le stress oxydatif : Implication en physiopathologie vasculaire. *OCL*. 12 (5-6) : 433-438.

**Schauenberg, P., Paris, F., (2006).** Guide des plantes médicinales (Analyse, description et utilisation de 400 plantes). *Edition Delachaux et Mestlé*. Paris. P : 19-21.

**Scholz, R.W., Minicucci, L.A., and Reddy, C.C. (1997).** Effects of vitamin E and selenium on antioxidant defense in rat heart. *Biochem Mol Biol Int*. 42: 997-1006.

**Sebei, K., Boukhchina, S., et Kallel, H. (2007).** Evolution des tocophérols en relation avec les acides gras au cours de la maturation des graines de colza de printemps (*Brassic napus L*). *C.R Biologies* 330, 55-61.

**Sener, B. (1985).** Turkish species of *Fumaria* L. and their alkaloids. VII Alkaloids from *Fumaria officinalis* L. and *F. cilicica* *Hansskn.* *Gazi Univ Eczacilik Fak Derg.* **2(1):** 45-9.

**Servais, S. (2004).** Altération mitochondriales et stress oxydant pulmonaire en réponse l'ozone : Effet de l'âge et d'une supplémentation en omega-3. Thèse de doctorat : Université Claude Bernard. Lyon.

**Shirwaikar, A., Shirwaikar, A.R., Rajendran, K., and Punitha, I.R.S. (2006).** *In Vitro* Antioxidant Studies on the Benzyl Tetra Isoquinoline Alkaloid Berberine. *Biol.Pharm.Biull.* **(29)**, p: 1906-1910.

**Solzbach, U., Hornig, B., Jeserich, M., and Just, H. (1997).** Vitamin C improves endothelial dysfunction of epicardial coronary arteries in hypertensive patients. *Circulation* **(96):**1513-1519.

**Sorge, O. (2004).** Oxidative stress : a theoretical model or a biological reality ? *Comptes rendus biologie*, **327 : 649-662.**

**Sousek K.J, Guedon D, Adam T, Bochorakova H, Taborska E, Valka I, Simanek A (1999).** Alkaloids and organic acids content of eight *Fumaria* species. *Phytochemical Analysis.* **(10)**, p: 6-11.

**Stace, C.A. (2010).** *Nouveaux flore des îles britanniques.* Cambridge University Press, Cambridge.

**Sturm, S., Strasser, E.M., et Stuppner, H. (2006).** Quantification of *F. officinalis* isoquinoline alkaloids by nonaqueous capillary electrophoresis-electrospray ion trap mass spectrometry. *Journal of chromatography A.* **(11) 2**, p: 331-338.

**Suau, R., Cabezudo, B., Ricor, R., Lopez-Romero, J. M., and Najera, F., (2002).** Alkaloids from *Fumaria sepium* and *Fumaria agrarian.* *Biochemical systematic and Ecology.* **(30)**, p: 263-265.

**Suau, R., Cabezudo, B., Ricor, R., Lopez-Romero, J.M., and Najera, F. (2002).** Direct determination of alkaloids contents in *Fumaria* species by GC-MS. *Phytochem Anal.* (13), p: 363-367.

**Susplugas, J., Massa, V., susplugas, P., Taillade, R., M<sup>me</sup> susplugas, C., Salabert, J. (1975).** Fumeterres en Languedog Roussila. *Anal. Bot. Cavanilles*, 32(2). P : 233-239.

**Svoboda, K.P., Hampson, J.B. (1999).** Bioactivity of essential oils of selected temperate aromatic plants : antibacterial, anti-inflammatory and other related pharmacological activities. Plant biology Department, SAC Auchincruive, Ayr, Scotland, UK ; KA6 5HW.

## T

**Takhtajan, A. (1969).** Flowering plants. Origin and dispersal. Oliver & Boyd, Edinburgh.

**Timbo, B. (2003).** Etude phytochimique et des activités biologiques de *Trichilia emetica* VAHL (MELIACEAE). Thèse de Doctorat, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie de l'université de BAMAKO, MALI. P : 1-112.

**Tratner, I. (2003).** Médecine/sciences. Horizons repères. (19) : 1291-1292.

**Torres, R. et al., (2006).** Antioxidant activity of coumarins and flavonols from the resinous exudates of *Haplopappus multifolius*; *Phytochemistry*. (67): Ed: ELSEVIER; P: 984-987.

## V

**Valco, M., Leibfritz, L., Moncom, J., Cronin, M.T.D., Mazur, M., and Telser, J. (2007).** Free radicals and antioxidants in normal physiological of protopine and some derivatives. *Journal naturel product.* **51** : 1021-1022.

**Valnet, J. (1992).** Phytothérapie, traitement des maladies par les plantes. 6<sup>ème</sup> édition : *Maloine. Paris. P : 131.*

**Valnet, J. (2001).** Phytothérapie, 6<sup>em</sup> édition, *Vigot éd.* Paris, p : 348.

**Van Antwerpen, P. (2006).** Contribution a l'étude du pouvoir antioxydant de divers agent d'intérêt thérapeutique : ciblage du système myeloperoxydase /peroxyde d'hydrogène/chlorure. *Institut de pharmacie (Bruxelles).* Thèse de doctorat.

**Vertuani, S., Angusti, A., and Manfredini, S. (2004).** The antioxidants and proantioxidants. *Curr Pharmacology Des.* **10(14)** : 1677-1694.

## W

**Wefers, H and Sies, H. (1988).** The protection by ascorbate and glutathione against microsomal lipid peroxidation is dependent on vitamin E. *Eur J Biochem.* **174** : 353-357.

**Wichtl, M et Anton, R. (2003).** Plantes thérapeutiques tradition pratique officinale, science et thérapeutique. *Edition TEC et DOC, MED.* P : 229-230.

**Wilson, A et Salamatian, L. (2003).** Les radicaux libres : une question d'équilibre. Université de *Versailles, Saint-Quentin en Yvelines.* DESS IST, P : 6-35.

**Winston, D et Jacqueline, A. (2001).** Bêta-carotène. Département de médecine interne, hôpital de Newton-Wellesley. Université de Harvard et médecine intégratrice de rédacteur médical aîné. Boston.

**Wojdyło, A., Oszmianski, J., and Czemerys, R. (2007).** Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chemistry* **105**: 940–949.

**Wren, R.C. (1988).** Potter's New Cyclopedia of Botanical Drugs and Preparations (revised, Williamson EW, Evans FJ). Daniel, Saffron Walden.

## Υ

**Young, I.S and Woodside, J.V. (2001).** Antioxidants in health and disease. *Journal of Clinical Pathologie.* **54** : 176-186.

## Z

**Zarroki, B. (2007).** Tissus adipeux et inflammatoire : Effet du stress oxydant sur le métabolisme des prostaglandines dans les adipocytes 3T3-L1. *Ecole doctorale interdisciplinaire science-santé.* Thèse de doctorat.

**Zhan, Y., Dong, C.H., and Yao, J.Y. (2006).** Antioxidant Activities of Aqueous Extract from Cultivated Fruit-bodies of *Cordyceps militaris* L. Link in Vitro. *Journal of Integrative Plant Biology.* **48 (11)**, p: 1365-1370.

**Zhou, K., Su, L., and Yu, L.L. (2004).** Phytochemicals and antioxidant properties in Wheat Bran. *J. Agric. Food Chem.* (**52**), p: 6108-6114.

**Zhou, K., and Yu, L. (2004).** Antioxidant properties of bran extracts from Trego Wheat Grown at Different Location. *J. Agric. Food Chem.* (**52**), p: 1112-1117.

## *Annexe*

### ➤ *Matériels :*

- Balance analytique RADWAG, Max = 600g, d = 0,001 g.
- Balance de précision RADWAG, Max = 220g, d = 0,1 mg.
- Etuve WTC binder.
- Broyeur électrique. Broyeur KILA LABORATECHNIK M20
- Tamiseur électrique Retsch.
- Soxhlet Gerhardt.
- pH mètre HANNA.
- Spectrophotomètre Unico.
- Bain Marie Memmert.
- Ampoule à décanter.
- Tubes à essais.
- Bécher.
- Eprouvettes.
- Burettes.
- Boîtes de pétries.
- Micropipette 5-20µl Accumax.
- Micropipette 100-1000µl Accumax.
- Spatule

### ➤ *Réactifs*

- Ammoniac.
- Butyl Hydroxy Anisole (BHA).
- Ethanol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O) ;
- Ether de pétrole ;
- Eau distillé (H<sub>2</sub>O<sub>D</sub>) ;
- Acide chloridrique (HCl);
- Chlorure de sodium(NaCl).
- Chloroforme.

- Dichlorométhane.
- Le Diphényle picryl-hydrazyle (DPPH) ;
- Méthanol (CH<sub>3</sub>OH).
- Tampon phosphate.
- Acide trichloracétique (TCA).
- Ferricyanure de potassium (K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>).
- Poudre d'ABTS.
- Solution de persulfate de potassium 7 Mm.

### ➤ *Préparation des solutions pour les tests de l'activité antioxydante*

#### **Préparation de tampon phosphate à pH = 6,6 :**

- HK<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>: 4,565g / 100ml d'eau distillée.
- KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>: 2,72g / 100ml d'eau distillée.

#### **Préparation de ferricyanure de potassium :**

- Ferricyanure de potassium (K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>) à 1% : 1g / 100ml d'eau distillé.

#### **Préparation de l'acide trichloracétique :**

- Acide trichloracétique (TCA) à 10% : 10g / 100ml H<sub>2</sub>O.

### ➤ *Antioxydants standards*

- Acide ascorbique.
- BHA.
- Trolox

## *Glossaire*

- ❖ **Amphocholérétique** : toute substance qui régule la sécrétion biliaire.
- ❖ **Antipléthorique** : antagoniste a ce qui se trouve en trop grande quantité, en trop grand nombre ; surchargé
- ❖ **Apéritive** : qui ouvre l'appétit.
- ❖ **Bilabiées** : Qualifie une structure divisée en deux lèvres plus ou moins soudées.
- ❖ **Cholagogue**: se dit d'une substance à effet cholérétique, qui facilite l'évacuation de la bile.
- ❖ **Cholérétique** : c'est à dire qui stimule la formation et la sécrétion de la bile ;
- ❖ **Chronotrope** : Qui concerne ou commande la régularité d'un rythme. (C'est une fonction chronotrope qui règle le rythme du cœur.)
- ❖ **Dépurative** : qui purifie l'organisme, en favorisant l'élimination des toxines, des déchets organique
- ❖ **Diaphorétique** : qui active la transpiration. Il se dit Des remèdes qui agissent par la transpiration, qui purgent les humeurs en agissant par les sueurs.
- ❖ **Drainage** : Dans le domaine médicale, le drainage est l'action de collecter ou de dériver une substance (liquide, masse gazeuse) hors de l'organisme, à l'aide d'un drain.
- ❖ **Glabres** : Se dit d'un organe végétal dépourvu de poils.
- ❖ **Inotrope** : qui ce rapporte à la contraction d'un muscle, notamment celle du muscle cardiaque.
- ❖ **Pathogénèse** : étude des origines des maladies et du processus de leur développement dans l'organisme.
- ❖ **Pennatiséquées** : se dit d'une feuille dont le limbe est penné et divisé en segments séparés par des sinus qui atteignent presque la nervure médiane



- ❖ **Sérotonine** : substance aminée élaborée par certaines cellules de l'intestin et du cerveau, jouant un rôle important comme vasoconstricteur et neurotransmetteur
- ❖ **Silicules** : fruit sec déhiscent dont la cavité portant les graines se divise en deux par une fausse cloison.
- ❖ **Tonique** : qui donne ou redonne des forces physiques et de l'élan vital à l'organisme, synonyme de fortifiant, reconstituant.

## ***Résumé***

*Fumaria officinalis* appelée communément « Zalamit » fait partie de la grande famille des plantes médicinales largement répandues en Algérie. Ses multiples propriétés pharmacologiques sont dues à sa richesse en substances actives notamment en alcaloïdes isoquinoléines.

Nous nous sommes intéressé d'une part à l'extraction des alcaloïdes et d'autre part, une étude de l'activité antioxydante (Effet scavenger du radical DPPH, test de réduction du radical ABTS+ et pouvoir réducteur.) de ces plantes a été évaluée.

Notre plante présente un rendement en alcaloïdes totaux de 1,01%. L'étude de son potentiel antioxydant montre que les extraits de cette plante ont une forte activité scavenging du radical DPPH et ABTS (qui est respectivement de **70,22%** et **90,24%**). En revanche, elle à un faible pouvoir réducteur.

**Mots clés** : *Fumaria officinalis*, *alcaloïdes*, *activités antioxydantes*.

## ***Abstract***

*Fumaria officinalis* called commonly "Zalamit" belong to the family of the largely widespread medicinal plants in Algeria. They have several pharmacological properties wich are due to their active substances and especially to their alkaloids.

We were interested on the one hand in the extraction of alkaloids and on the other hand, a study of the antioxydant activity of our extracts were determined by measuring their reducing power , their ability to inhibit DPPH radical scavenging activities and test of reduction of radical ABTS+

Our plant presents a total alkaloid yield of 1,01%. The study of its antioxydant potential shows that the extracts of this plant have a strong scavenging activity radical DPPH and ABTS (which is respectively of 70,22% and 90,24%). On the other hand, it with a weak reduction.

**Key words**: *Fumaria officinalis*, *alkaloids*, *antioxydant activity*.

# *Sommaire*

# *Introduction*

*Partie*  
*Bibliographique*

*Chapitre I :*

*Fumaria officinalis*

## *Chapitre II :*

# *Stress oxydatif et l'évaluation de l'activité antioxydante*

# *Partie Expérimentale*



*Chapitre I :*

*Matériels et Méthodes*

*Chapitre II :*

*Résultats et Discussions*

# *Conclusion*

# *Références Bibliographiques*

# *Glossaire*

# *Annexes*