

N° d'Ordre :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT Choisissez un élément.

Mémoire

De fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie (S.N.V.)

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

Intitulé du thème :

Étude Phytochimique De La Menthe (*Mentha spicata* L.) cultivée dans la région Adrar Et Sidi Bel Abbès

Présenté par : **Mr Harma Yassine**
Mr Maatouk Abdelkader

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président de jury :	Mme Mehida Hayet	(M.C.A/ UDL/SBA)
Examineur :	Mme Chenni Fatima Zohra	(M.C.A/ UDL/SBA)
Examineur :	Mr Allam Mustapha	(M.A.A/ UDL/SBA)
Promoteur:	Mme Meziani Samira	(M.C.A/ UDL/SBA)
Co-Promoteur :	Mme Labga Lahouaria	(Doctorant/ UDL/SBA)

Année universitaire 2020 - 2021

Session : « Juin »

Remerciements

En premier lieu , nous tenons à remercier notre DIEU, notre créateur pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail .

J'exprime d'abord mes profonds remerciements, ma vive reconnaissance et ma sincère gratitude à **Mme Meziani Samira** , Maitre de Conférence A , à UDL de Sidi Bel Abbes , pour avoir accepté de m'encadrer et pour ses conseils .

J'adresse mes sincères remerciements à **Mme Mehida Hayet** , Maitre de Conférence A , à UDL de Sidi Bel Abbes , pour avoir accepté de présider le jury .

Je tiens à remercier **Mme Chenni Fatima Zohra** , Maitre de Conférence A à la faculté des sciences de la nature et de la vie , université SBA ,pour avoir accepté de juger ce modeste travail .

Je tiens à remercier **Mr Allam Mustapha** ,Maitre Assistant A à la faculté des sciences de la nature et de la vie , université SBA ,pour avoir accepté de juger ce modeste travail .

Un remerciement particulier va à **Mme Labga Lahouaria** , Doctorant et ingénieurs de laboratoire , à UDL de Sidi Bel Abbes , pour avoir accepté de mon co-encadrer et pour ses conseils .

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à tous nos professeurs qui ont contribués à notre formation .

Mes sentiments de reconnaissance et mes remerciements vont également à tous les ingénieurs des laboratoires : laboratoire d'Immunologie , Biochimie Appliquée ,et chez **Mme Lahouaria** et **Mme Aicha** et **Mme Fatima** pour les sympathique moments qu'on a passé ensemble .

A tout la promotion de Master « **Biochimie Appliquée** » .

Nos derniers remerciements et ce ne sont pas les moindres ,vont à tout ceux qui ont contribué de prés ou loin pour l'aboutissement de ce travail .

Dédicaces

Une chance nous a été offerte aujourd'hui pour citer des personnes qui nous sont très chères.

Je dédie mon modeste travail qui représente le titre de ma fierté au cours de mon cycle d'étude.

A mes très chers parents qui m'ont montré la voie de la réussite et qui ont fait tant de sacrifices pour me permettre de réussir.

A mes très chères frères : Abdelkrim, Abderrahmane, Ahmed, Abdallah, Mustafa

A mes très chères sœurs : Naima et Zahra.

A toute ma famille.

A mes très cher binôme : Harma Yassine

A tous mes amis : Professeur Abdelmalek et Bou Allah Bou djemaa, Taiebi Lhachemi, Abdelhak, Abdelmoumen, Sidi-Ali.

A toute ma promotion Biochimie Appliquée : 2020-2021

Abdelkader

Je dédie mon modeste travail qui représente le titre de ma fierté au cours de mon cycle d'étude.

A mes chers parents qui m'ont montré la voie de la réussite et qui ont fait tant de sacrifices pour me permettre de réussir.

A mes chères frères : Abdessamed, Naserdine, abderahim, Mohamed Aniss.

A mon cher sœur : Fadilla.

A toute ma famille.

A mes très cher binôme : Abdelkader

A tous mes amis : Abdellkarim, Abdessalam,

A toute ma promotion Biochimie Appliquée : 2020-2021

Yassine

Résumé

La menthe est une plante médicinale, très répandue dans le territoire algérien. Notre étude vise à évaluer l'activité de la menthe prélevée de deux endroits différents, l'une de la wilaya de Sidi Bel Abbés et l'autre de la wilaya de Sud (Adrar) .les extraits organiques ont été obtenu par macération pendant 24 heures en utilisant le méthanol à 70%.

Les résultats montrent pour le rendement des extraits méthanolique de la menthe SBA 18.1% et celui d'Adrar est 22.9%, respectivement.

La teneur totale en composés phénolique est de (97.07 ± 2.261) pour l'extrait de SBA et de (96.59 ± 2.64) pour l'extrait méthanolique d'Adrar, exprimées en (mg EAG/g). Concernant les flavonoides, le taux est de (44.41 ± 0.73) et (25.80 ± 0.74) exprimés en (mgEC/g) pour les extraits méthanolique de SBA et Adrar respectivement. Les tanins condensés déclarent une valeur de (230.33 ± 2.88) et (243.66 ± 2.88) exprimés en (mgEC/g) pour les extraits méthanoliques de SBA et Adrar respectivement. Concernant la teneur en tanins hydrolysables de (0.0001 ± 5.807) pour les L'extraits de SBA et de (0.0004 ± 1.752) pour l'extrait d'Adrar. Les extraits de SBA ont donné une activité antioxydante élevée par rapport a l'extrait méthanolique d'Adrar.

Mote clés : Menthe, Extraits Méthanolique , Métabolites Secondaires ,DPPH.

Abstract

Mint is a medicinal plant, is widespread in the Algerian territory. Our study aims to evaluate the antioxidant activity and dosage of the secondary metabolites of Mint collected from two different places, one from the Wilaya of Sidi Bel Abbés and the other of the Wilaya of Adrar. The organic extracts were macerated for 24 hours using 70% methanol. The respective yields of the methanolic extracts of mint SBA and that of Adrar are: 18.1% and 22.9%.

The total content of phenolic compounds is (97.07 ± 1.261) for the SBA extract and (96.59 ± 2.64) for the methanolic extract of Adrar, expressed in (mgEAG/g). The flavonoid content is (44.41 ± 0.73) et (25.80 ± 0.74) expressed in (mgEC/g) for the methanolic extracts of SBA and Adrar respectively. The condensed tannins report a value of (230.33 ± 2.88) and (243.66 ± 2.88) expressed in (mgEC/g) for the methanolic extracts of SBA and Adrar respectively. The content of hydrolysable tannins is (0.0001 ± 5.807) for the methanolic extracts of SBA and (0.0004 ± 1.752) for the methanolic extracts of Adrar.

Antioxidant activity was evaluated using the free radical reduction method (DPPH). The methanolic extracts of the SBA have given antioxidant activity is raised in relation to the methanolic extracts of Adrar.

Keywords : Mint , Methanolic Extracts , Secondary Metabolites , DPPH .

ملخص

النعناع من النباتات الطبية التي تنتشر علي نطاق واسع في الأراضي الجزائرية . تهدف دراستنا الي تقييم النشاط المضاد للاكسدة وجرعة المستقلبات الثانوية من النعناع التي تم جمعها من مكانين مختلفين , واحدة من ولاية سيدي بلعباس والأخرى من ولاية أدرار .

تم تنقيع المستخلصات العضوية لمدة 24 ساعة باستخدام % 70 من الميثانول ان الغلة الخاصة بالمستخلصات الميثانولية للنعناع سيدي بلعباس و أدرار هي % 18.1 و % 22.9 . المحتوى الكلي للمركبات الفينولية هو (97.07 ± 1.261) لمستخلص سيدي بلعباس .
و (96.59 ± 2.64) لمستخلص الميثانول من أدرار , معبرا عنه (mgEAG/g) . محتوى الفلافونويد هو (44.41 ± 0.73) و (25.80 ± 0.74) معبرا عنه ب (mg EAG/g) في المستخلصات الميثانولية للنعناع سيدي بلعباس و أدرار على التوالي.

يبلغ التانينات المكثف عن القيمة (230.33 ± 2.88) و (243.66 ± 2.88) المعبر عنها (mgEAG/g) في المستخلصات الميثانولية للنعناع سيدي بلعباس و أدرار على التوالي. محتوى التانينات القابلة للتحل بالماء هو (0.0001 ± 5.807) لمستخلصات الميثانول من سيدي بلعباس و (0.0004 ± 1.752) للمستخلصات الميثانولية من أدرار.

تم تقييم نشاط مضادات الأكسدة باستخدام : طريقة خفض الجذور الحرة (DPPH) لوحظ أن المستخلصات الميثانولية لسيدي بلعباس أعطت نشاط مضادات الأكسدة مرتفع مقارنة بالمستخلصات الميثانولية بأدرار .

الكلمات المفتاحية : النعناع – المستخلصات الميثانولية – المستقلبات الثانوية - DPPH

Liste d'Abréviations

O_2 : Oxygène singulet

ABTS : Acide 2, 2'- azinobis 3-ethylbenzo-triazoline-6-sulphonate

ADN : Acide dèsoxyribonuclèique

AE : Efficacité antiradicalaire

AMP : Cyclique : Adénosine monophosphate cyclique

DPPH : 2,2-diphynyl-1-picryllydreazyl

DMPD : N ,N-dimethyl- -phenylenedaimime

DO : Densité Optique

EAG: Equivalent d'acide galiique

EC : Equivalent de catéchine

ERO : Ecpèces réactives de l'oxygène

H_2O_2 : Peroxyde d'hdrogène

HO : Radical hydroxyle

IC50 : Concentration inhibitrice de 50%

MS : Matière sèche

M : Molaire

Mole/L: Mole par litre

NADPH : Nicotinamide adénosine dinucléotide phosphate (sous sa forme réduite)

NO : Monoxyde d'azote

NaHCO₃ : Bicarbonate de sodium

Nm: Nanomètre

O_2^- : Anion superoxyde

OH: Groupe hydroxyle

ONOOH : Nitroperoxyde

ROO : Radical peroxyde

ROOH : Peroxyde Organique

V/V : Volume à volume

μL : Microlitre

μg: Microgramme

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Abstract

ملخص

Liste d'Abréviation

Sommaire

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Introduction générale 1

Partie 1 : Etude Bibliographique

Chapitre I : Description de la plante de la menthe	2
1 – Historique	2
2 – La menthe	3
2-1– Caractéristiques.....	4
2-2– Les propriétés.....	4
3 – Usages de la menthe	4
3-1– Usages médicinales de la plante	4
3-2– La menthe en automédication.....	5
3-3– Les autres usages de la menthe.....	5
4 – Différentes variétés	5
4 – 1 – La menthe poivrée (mentha x piperata).....	6
4 – 2 – Menthe des champs (Mentha arvensis).....	7
4 – 3 – Menthe pouliot ou Menthe 'Flio' (Mentha pulegium).....	9
4 – 4 – Menthe verte (Mentha spicata).....	10
5– Les différents constituants	11
5-1– Mentho.....	11
5-1-1– Définition.....	11
5-1-2– Propriétés.....	11
5-1-2-1– Propriétés chimiques.....	11

5-1-2-2- Propriétés biologiques.....	12
5-1-3- Synthèse du menthol.....	12
5-2- Carvone.....	13
5-2-1-Définition.....	13
5-2-2- Propriétés.....	14
5.2.2. 1 – Oxydation.....	14
5-2-2- Réduction.....	14
5-3- Pulégone.....	15
Chapitre II. Radicaux libres et antioxydants	16
1- Radicaux libres.....	16
1-1-Définition.....	16
1-2-Origine et production des radicaux libres.....	16
1-2-1- Mitochondrie.....	17
1-2-2.-NADPH-Oxydase.....	17
1-2-3-Xanthine Oxydase.....	17
1-2-4-NO-Synthase (NOS)	17
2- Stress Oxydant.....	17
2-1-Définition.....	17
2-2-Conséquences du stress oxydant	17
2-2-1 Oxydation d'ADN.....	18
2-2-2-Oxydation des protéines.....	19
2-2-3-Peroxydation lipidique	19
2-3-Maladies liées au stress oxydant.....	20
3-Antioxydants.....	20
3-1-Définition.....	20
3-2-Types.....	21
d'antioxydants.....	21
3-2-1- Antioxydants enzymatiques.....	21
3-2-2-Antioxydants non enzymatiques.....	22
3-2-2-1-Vitamines.....	22
3-2-2-2-Oligoéléments.....	23
3-2-3-Composés phénoliques.....	23
3-2-3-1 Définition.....	23
3-2-3-2-Synthèse et classification des composés phénoliques.....	24
3-2-3-3-Mode d'action des composés phénoliques.....	25
Partie 2: Etude Expérimentale	
I- Matériels et méthodes.....	28
1- Objectif.....	28

2-Matériel.....	28
2-1- Présentation de station de prélèvement.....	28
2-2- Matériel Végétal.....	28
2-3- Préparation de extraits brute.....	29
3 -Méthodes.....	29
3-1- Dosage de métabolites secondaires.....	29
3-2-Évaluation de le activité Antioxydante.....	34
II-Résultats et Discusion.....	37
1-Rendement des Extractions.....	37
2- Dosage des Métabolites.....	37
3-Potentiel Antioxydant.....	40
4- Dosage des minéraux (Na ,K) par spetrophotomètre à flamme	42
Conclusion	44
Bibliographie.....	46
Annexe.....	51

Liste des figures

Figure 1 : Une variété de plante de menthe	3
Figure 2 : <i>Mentha x piperata</i>	7
Figure 3 : <i>Mentha arvensis</i>	8
Figure 4 : <i>Mentha pulegium</i>	9
Figure 5 : <i>Mentha spicata</i>	10
Figure 6 : La structure du menthol.....	11
Figure 7: représentation en 3D de la molécule de menthol.....	11
Figure 8 : Quelques réactions sur le menthol.....	12
Figure 9 : La synthèse de Menthol.....	13
Figure 10 : La structure du Carvone.....	13
Figure 11 : Réactions d'oxydation du carvone	14
Figure 12 : Réactions de réduction du carvone.....	15
Figure 13 : La structure du Pulégone.....	15
Figure 14 : principales voies de formation des radicaux libres	16
Figure 15: L'attaque des macromolécules par les ERO lors d'un stress oxydant	18
Figure 16 : Lésions d'ADN causées par les radicaux libres	18
Figure 17 : Attaque radicalaire des protéines	19
Figure 18: Mécanisme de l'autoxydations des acides gras par l'oxygène	20
Figure 19: Les antioxydants enzymatiques et non enzymatiques	21
Figure 20: Structure chimique de l'acide Ascorbique	22
Figure 21 : Structure des tocophérols	23
Figure 22 : la structure commune des polyphénols	24
Figure 23 : Chélation des ions métalliques par les polyphénols	26
Figure 24 : plante fraîche et après séchage	28
Figure 25 : Extraction par macération méthanolique de la menthe	29
Figure 26 : Filtration et évaporation de mélange.....	30
Figure 27 : Dosage de polyphénols	31
Figure 28: Dosage de flavonoïdes.....	32
Figure 29 : Dosage de Tanins condensées	33
Figure 30 : dosage de tanins hydrolysables	34
Figure 31 : principe de piégeage du radical DPPH	35
Figure 32 : Dosage de DPPH	36

Figure 33:Concentrations en polyphénols et en flavonoïdes de deux variétés de la menthe (SBA et Adrar).....	38
Figure 34 : Concentrations en tanins condensés de deux variétés de la menthe (SBA et Adrar).....	39
Figure 35: Concentrations en tanins hydrolysables de deux variétés de la menthe (SBA et Adrar).....	39
Figure 36: Activité antioxydant (Test de DPPH).....	41
Figure 37 : Les Concentration d'inhibitionIC50(X).....	41

Liste de tableau

Tableau 1: les antioxydants enzymatiques.....	22
Tableau 2: Les principales classes des composés phénoliques	25
Tableau 3 : Rendement d'extrait de la menthe obtenue de SBA et d'Adrar.....	37
Tableau 4 : Rendements des extraits bruts méthanolique.....	38
Tableau 5: Composition nutritionnelle de la Menthe verte selon Potassium et Sodium....	43

Introduction

INTRODUCTION GÉNÉRAL

Au travers des temps, l'homme a pu compter sur la nature pour subvenir à ses besoins de base tel que, nourriture, abris, vêtements et aussi pour ses besoins médicaux. Les plantes possèdent d'extraordinaires vertus thérapeutiques. Leurs utilisations pour le traitement de plusieurs maladies chez les êtres vivants et en particulier l'Homme (Svoboda et Svoboda, 2000). De nos jours, nous comprenons de plus en plus, que les principes actifs des plantes médicinales sont souvent liés aux produits des métabolites secondaires, qui sont largement utilisés en thérapeutique, comme des agents préventifs anti-inflammatoires, antimicrobien, antiseptiques, diurétiques, Mais essentiellement antioxydant qui défendent contre le stress oxydatif (Bourgaud et al, 2001; Kar, 2007).

L'utilisation correcte des plantes dans des buts médicaux exige de se documenter au moyen d'ouvrage sérieux, en vue de l'identification correcte des plantes et de confirmation de leurs propriétés thérapeutiques (Fouché et al., 2000).

Les composés phénoliques, les huiles essentielles et autres métabolites secondaire représentent des molécules de fortes valeurs, utilisés dans les Industries pharmaceutique cosmétiques et agroalimentaire. Les activités antioxydantes de ces produits ont été rapportées dans des très nombreux travaux dans le monde (Bouzouita et al., 2008). Pour le besoin de la présente étude, nous avons choisi la plante de la Menthe parmi les plantes médicinales qui est le moins fréquemment employé dans notre pays à cause de l'ignorance de sa valeur nutritionnelle et médicale.

Dans ce contexte, notre travail s'inscrit dans le cadre d'une évaluation de l'activité antioxydante et le dosage des composés phénoliques totaux, les flavonoides, les tanins hydrolysables et les tanins condensés chez la plante de la Menthe cultivée dans deux régions différentes à l'Ouest (Sidi Bel Abbés) et à l'Est (Adrar).

*Partie I: Etude
Bibliographique*

Chapitre I : Description de la plante de la Menthe

1-Historique

La menthe est l'une des plantes médicinales les plus célèbres que l'on connaît depuis le plus longtemps. On a retrouvé en effet des feuilles de menthe séchées vieilles d'environ 3000 ans dans les pyramides égyptiennes. Tandis que les Grecs et les Hébreux s'en parfumaient, les Romains en glissaient leurs sauces. Au Moyen Âge, on découvre vraiment ses vertus thérapeutiques soit en calmants, antiseptiques ou encore en anesthésiques, puisqu'elle est prescrite aux personnes souffrantes pour anesthésier la douleur (McKay, 2006).

Le terme « menthe » est apparu dans la langue en 1275. Il vient du latin mentha, qui l'a emprunté au grec minthê. La légende veut que ce fut, à l'origine, le nom de la menthe trouverait ses origines dans la mythologie grecque : Le dieu des enfers Hadès faisait la cour à Mintha, une nymphe du fleuve des enfers, seulement sa femme Perséphone, très jalouse, décida de transformer la belle nymphe en plante. Ne pouvant la ramener à sa forme humaine, Hadès lui donna son odeur si caractéristique (Jean Bruneton., 1999).

Originnaire d'Asie et de l'Europe médiévale, la menthe est un aromate connu pour sa prolifération rapide. Libérant un parfum très fort et agréable, elle embaumait les temples grecs et les demeures des Hébreux. Elle éloignait également les puces et assaisonnaient les mets.

La menthe, référencée dans la Bible, était achetée en grande quantité par les hébreux qui en faisaient leur passe-temps favori, au détriment des difficultés sociales et humanitaires soutenues par Jésus.

Ses atouts ne s'arrêtent pas là : riche en vitamine C, en fer et en manganèse, elle possède également des vertus antiseptiques notamment des voies respiratoires et se révèle également stimulante et anti -oxydante. De nos jours, elle est fréquemment utilisée en inhalation pour combattre les rhumes et la toux, en infusion pour favoriser la digestion ou en bain de bouche à base de menthol (l'essence, qu'elle contient), pour rafraîchir l'haleine (Article difoode tv en anglais sur les allergies).

On retrouve un peu partout dans les jardins. Issue de la famille des labiacées, elle existe sous plus de mille variétés à travers le globe. Aussi connue sous des noms tels que sente bon, menthe pouliot ou encore menthe anglaise, elle est employée à différentes fins. Souvent utilisée dans la préparation de plats, la menthe est également considérée comme une plante aux vertus médicinales.

Renfermant tout son arôme, ses feuilles sont généralement les parties qui sont les plus utilisées. Au Maghreb, la plante est employée pour la confection d'une boisson traditionnelle :

Chapitre I : Description de la plante de la Menthe

le thé à la menthe. Sa préparation consiste en une infusion de thé vert et d'une poignée de feuilles de menthe. La menthe poivrée est la plus utilisée en phytothérapie, pour ses propriétés, connues de la tradition et étudiées scientifiquement. La menthe est cultivée en France surtout pour fournir l'industrie pharmaceutique, en particulier dans les régions de Milly-la-Forêt et de Chemillé, près d'Angers. Elle contient une forte quantité de menthol, à l'origine de la sensation de fraîcheur ou de froid (car stimulant les mêmes récepteurs que ceux qui dans la bouche sont sensibles au froid). La menthe poivrée contient aussi des terpènes. L'odeur est caractéristique de la saveur camphrée. L'essence de menthe verte est moins soutenue car elle est plus pauvre en menthol, remplacée par la carvone, principe actif du carvi. Par ailleurs, l'huile essentielle de menthe est très utilisée en aromathérapie (surtout la menthe poivrée), en phytothérapie et dans la médecine japonaise (surtout la menthe des champs). Elle ne doit pas être mise en contact avec les muqueuses tant qu'elle n'est pas diluée. (<http://sante.journaldesfemmes.com/temoignage/temoignage>)

2 - La menthe :

La menthe est une plante aromatique aux multiples propriétés. Sur le plan médicinal, elle révèle des capacités antidouleur, antiseptique ou digestive, tandis qu'en cuisine la menthe apporte une petite touche de fraîcheur à nos repas.

La menthe est une plante vivace, vivace du verbe vivre donc une herbacée qui vit longtemps en général supérieur à deux ans, qui produit plusieurs floraisons et qui résiste aux rigueurs de la mauvaise saison, que ce soit le gel de l'hiver ou la sécheresse des périodes de canicule (<http://www.futura-sciences.com/>).



Figure 1 : Une variété de plante de menthe

2-1- Caractéristiques :

Description: Plante herbacée vivace de 10-50cm de haut, à tige droite quadrangulaire, feuilles pétiolées, lancéolées, dentées, vertes. Fleurs mauves, roses ou blanches.

Odeur: Très fine, très aromatique.

Savoir: Chaude, piquante, acre, très aromatique, laissant dans la bouche une impression de fraîcheur agréable.

Composants chimiques: Menthol, Menthone, Mentène, Carvone, Pulégone, Limonène, Tanin...

2-2- Les propriétés :

- La menthe, riche en vitamine C, en fer, en manganèse, a des vertus digestives, antiseptiques, stimulantes. Elle est conseillée pour les femmes enceintes, allaitantes, et les personnes présentant des troubles digestifs, ou sujets aux maux de ventre.

- De par sa forte teneur en antioxydants, elle contribue à limiter les risques de maladies cardiovasculaires ainsi que celles liées au vieillissement.

- La menthe se révèle être un insecticide naturel efficace.

- Appliquée au niveau des ouvertures de votre habitation, elle devient une barrière contre les moustiques(<http://pmb.univ.saida.dz>)

3 - Usages de la menthe :

En générale une plante médicinale est une plante utilisée pour ses propriétés thérapeutiques. Cela signifie qu'au moins une de ses parties (feuille, tige, racine etc.) peut être employée dans le but de se soigner. Elles sont utilisées depuis au moins 7.000 ans avant notre ère par les Hommes et sont à la base de la phytothérapie (Handbook, 1990) .

Leur efficacité relève de leurs composés, très nombreux et très variés en fonction des espèces, qui sont autant de principes actifs différents.

À noter qu'il a été observé chez des grands singes la consommation de certaines plantes à usage thérapeutique.

3-1- Usages médicinales de la plante

La menthe est avant tout une plante bienfaitrice ayant un pouvoir positif sur la santé. D'après certaines sources, la menthe fut utilisée au Moyen Âge par de nombreuses personnes telles que les chirurgiens pour ses propriétés calmantes.

Mélangée à de l'opium, elle servait à apaiser les malades. Considérée comme une herbe aromatique, la menthe est, depuis toujours, un moyen efficace de lutter contre les troubles digestifs. En effet, idéale en infusion, elle permet de contrôler les problèmes gastriques et peut

aider en cas d'indigestion. Stimulante et relaxante, elle peut aussi s'employer pour faciliter le sommeil et conduire à un état de relaxation.

Certaines recherches ont même montré que la plante aurait des propriétés antibactériennes. Ce qui explique pourquoi les arabes en mettent dans l'eau qu'ils boivent pour que celle-ci se conserve plus longtemps. Il est aussi possible de s'en servir en inhalation après avoir réalisé une décoction avec celle-ci. Ses caractéristiques rafraîchissantes seraient idéales pour les voies respiratoires et auraient des effets décongestionnants (Nicolas jean-baptiste G. ,1826) .

3-2- La menthe en automédication

La menthe offre l'opportunité de lutter d' façon naturelle contre divers maux sans effets secondaires. Très employée en phytothérapie, la menthe possède de nombreuses facultés anti-oxydantes et serait, selon des chercheurs, efficace contre le mauvais cholestérol. L'automédication n'est pas déconseillée car l'emploi des propriétés de la plante permet d'obtenir de bons résultats sans aucun effet négatif majeur sur la santé. Néanmoins, il faut quand même éviter les abus car une prise trop conséquente en infusion peut entraîner des insomnies surtout si elle est consommée le soir. On peut confectionner soi-même de l'huile de massage avec de la menthe, elle s'avère idéale pour lutter contre les douleurs (D.baudoux et A.Zhiri Ed.,2006) .

3-3- Les autres usages de la menthe

Employée dans pratiquement toutes les cultures, la menthe est une plante aux saveurs et aux bienfaits multiples. Le menthol, essence contenue dans celle ci, permet la réalisation de divers produits cosmétiques et alimentaires. Elle est aussi définie comme un excellent ingrédient en cuisine et permet de réaliser des recettes et des sauces fraîches remplies de saveurs. Elle peut aussi convenir à des préparations telles que la salade de fruits ou se marier à d'autres ingrédients pour former un dessert. Au-delà de sa consommation directe, la plante serait aussi efficace contre les insectes et permettrait plus particulièrement de lutter contre les moustiques responsables de la malaria. C'est ce qu'ont démontré quelques chercheurs indiens au cours d'une expérience réalisée sur des mares remplies de larves de ces moustiques (pmb.univ.saida.dz).

4 - Différentes variétés :

La menthe est l'une des plantes les plus renommées. Nous la connaissons généralement pour son odeur, ses qualités gustatives et ses bienfaits en phytothérapie

Comme d'autres plantes la menthe possède elle aussi de nombreuses variétés. Nous ne pouvons pas aborder toutes les variétés de menthe, quatre variété semblent les plus intéressantes :

- 1 • Menthe poivrée (*Mentha x piperita*)
- 2 • Menthe des champs (*Mentha arvensis*)
- 3 • Menthe pouliot ou Menthe 'Flio' (*Mentha pulegium*)
- 4 • Menthe verte (*Mentha spicata*)

4 - 1 - La menthe poivrée (*mentha x piperata*) :

La menthe poivrée est la variété de menthe la plus répandue. En France elle est cultivée dans l'Essonne et le Maine et Loire, notamment pour l'industrie pharmaceutique. On la trouve généralement sur des terrains humides et frais, de nature argileuse et calcaire.

Selon les différentes sources, cette plante vivace mesurerait de 10 à 60 cm de haut. Ses tiges sont velues et violacées et ses feuilles ovales et dentelées prennent des teintes vertes foncées à bleu ou rouge. Ses fleurs sont roses, un peu violacés et regroupées en épis au sommet de la plante (Herbs et supplements, .,2011).



Figure 2 : Mentha x piperata (menthe poivrée)

La menthe poivrée est une plante hybride issue du croisement de la menthe aquatique (*mentha aquatica*) et la menthe verte (*mentha spicata*), d'où le "X" présent dans sa dénomination latine.

Elle est appelée également menthe sauvage ou encore menthe Anglaise.

4-1-1- Principaux constituants actifs de son huile essentielle

- ◆ Monoterpénols : menthol (30 à 50%).
- ◆ Cétones : menthone (entre 15 à 25%)
- ◆ Monoterpènes : α et β pi nène (env. 7%)

4-1-2- Ses propriétés Thérapeutiques :

- Anesthésique, analgésique
- Antibactérienne
- Anti virale
- Anti-inflammatoire urinaire et intestinale
- Tonique et stimulante digestive
- Emménagogue (Grunwald ,2007) :

4 - 2 - Menthe des champs (*Mentha arvensis*) :

La menthe des champs pousse dans les régions tempérées et froides de l'hémisphère Nord, ses tiges vertes et parfois pourpres, sont composées de feuilles ovales et pointues. Si l'on frotte ces feuilles, il se dégage alors une forte odeur mentholée représentative de la menthe. Ses tiges se terminent par des couronnes de fleurs couleur lilas. (Phatak and..2002)

Sa dénomination latine *arvensis* vient du mot latin *arvum* qui signifie champs, terre en labour.



Figure 3 : Mentha arvensis (Menthe des champs)

Elle est aussi appelée menthe japonaise, herbe d'anguille ou encore menthe ginger.

4-2-1- Principaux constituants actifs de son huile essentielle :

- ◆ Monoterpénols : menthol (entre. 70-80%)
- ◆ Monoterpènes : limonène (env.10%)
- ◆ Cétones : menthone (entre 15 -30%)

Remarque : dans certain lot d'huile essentielle de menthe des champs, la concentration en menthol peut atteindre 90% de sa composition. C'est la variété de menthe la plus riche en menthol.

4-2-2- Ses propriétés Thérapeutiques :

- Tonique stimulante (à faible dose)
- Stupéfiante (à dose plus élevée)
- Tonique et stimulant cardiaque
- Antalgique
- Anti virale

4 - 3 - Menthe pouliot ou Menthe 'Flio' (Mentha pulegium) :

La menthe pouliot a des feuilles presque rondes et peu dentelées. La menthe pouliot doit son nom à sa particularité d'éloigner les insectes et particulièrement les puces. C'est une menthe à l'odeur citronnée que les anciens utilisaient surtout pour provoquer des avortements. (Turner.,1952)



Figure 4 : Mentha pulegium (Menthe pouliot ou Flio)

On ne l'utilise pas en aromathérapie car elle contient un pourcentage important (60 à 80%) d'une cétone toxique pour le foie.

Son métabolite secondaire le menthofuranne est lui aussi très hépatotoxique.

La menthe pouliot est connu sous différents noms : pouliot royal, herbes aux puces, herbe de saint Laurent, dictame de Virginie ou encore frétillet.

4-3-1- Principaux constituants actifs de son huile essentielle :

- ◆ Monoterpénols : menthol (env. 20%).
- ◆ Monoterpènes : limonène (env.10%).
- ◆ Cétones : menthone, pulégone (entre 75-90%).

4-3-2- Ses propriétés Thérapeutiques :

- Anticatarrhale
- Mucolytique
- Emménagogue
- Tonique et stimulante cardiaque
- Antiparasitaire puissant

4 - 4 - Menthe verte (*Mentha spicata*) :

La menthe verte pousse dans des lieux humides, elle est couramment cultivée dans les jardins. Elle se distingue de la menthe poivrée (*mentha x piperita*) par sa couleur vert clair et son odeur moins pénétrante. La menthe verte est aussi appelée menthe romaine, baume vert ou encore menthe marocaine. (Merck , 1960)



Figure 5 : *Mentha spicata* (Menthe verte)

La menthe verte est connue en Afrique du Nord sous le nom de la menthe Nanah. Il s'agit de la menthe de référence pour faire du vrai thé à la menthe maison.

4-4-1- Principaux constituants actifs de son huile essentielle :

- ◆ Monoterpènes : limonène (env.30%).
- ◆ Cétones : carvone (env. 60%).

4-4-2- Ses propriétés Thérapeutiques :

- Anti-inflammatoire
- Calmante nerveuse
- Anticatarrhale, mucolytique
- Tonique digestive
- Cicatrisante

5 - Les différents constituants :

5-1- Menthol

Le menthol a été découvert au Japon, il y a plus de 2 000 ans, mais il n'a été isolé pour la première fois qu'en 1771 par Gaubius. Le menthol (aussi appelé lmentholou (1R,2S,5R)-menthol) se trouve naturellement dans l'huile essentielle de menthe poivrée (*Mentha ×piperita*) (Leffingwell, 1974).

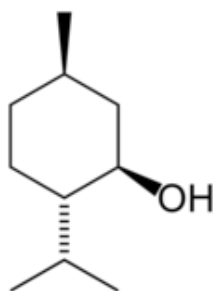


Figure 6 : La structure du menthol

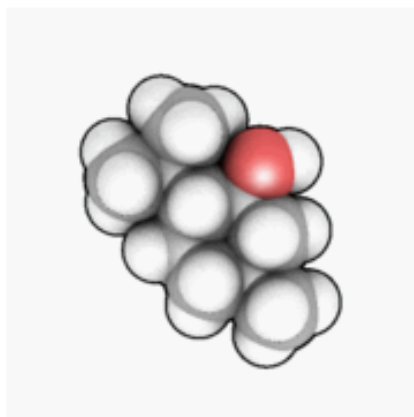


Figure 7: représentation en 3D de la molécule de menthol

5-1-1. Définition :

Le menthol est un composé organique covalent obtenu soit par synthèse, soit par extraction à partir de l'huile essentielle de menthe poivrée ou d'autres huiles essentielles de menthe qu'il contient environ entre 45 à 60% de menthol. Le menthol est une molécule volatile antibactérienne et antifongique.

5.1.2- Propriétés :

5.1.2.1 - Propriétés chimiques :

Le menthol réagit souvent de la même façon qu'un alcool secondaire normal. Il est oxydé en menthone en réduisant des agents tels que l'acide chromique, bien que dans certaines conditions l'oxydation puisse aller plus loin et casser le cycle. Le menthol est facilement

déshydraté pour donner principalement le 3-menthène, par l'action de 2 % d'acide sulfurique. Le traitement au PCl_5 donne du chlorure de menthyle (Hopp,.1993).

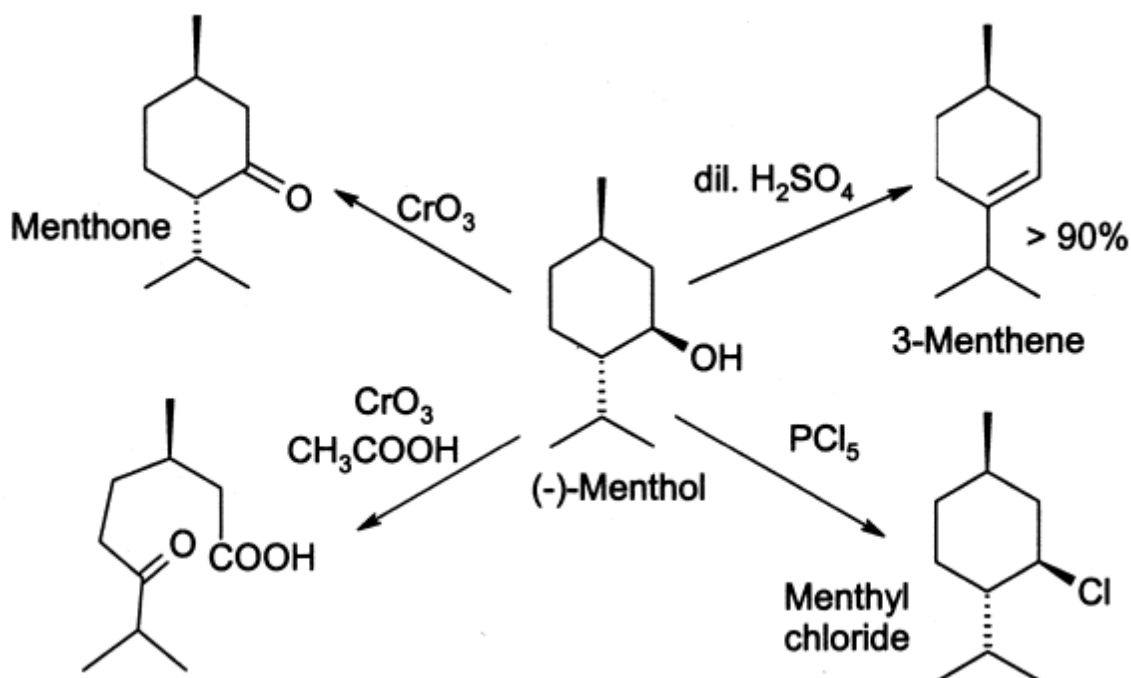


Figure 8 : Quelques réactions sur le menthol

5.1.2.2 - Propriétés biologiques :

Le menthol est un alcool, il possède des propriétés calmantes et antiseptiques. Il est aussi efficace lors des refroidissements tels que faire tomber la fièvre. La capacité du menthol est de déclencher chimiquement les récepteurs sensibles au froid dans la peau qui est responsable de la sensation de refroidissement.

Le menthol a des propriétés anti-inflammatoires et antivirales. Il est utilisé pour soulager les irritations mineures de la bouche et de la gorge. Il est aussi un anesthésique local pour soulager à court terme des douleurs mineures telles que des crampes musculaires, entorses, migraines. Pour les douleurs musculaires, on peut combiner la menthe à du poivre ou du camphre qui est lui-même légèrement anesthésique.

5.1.3- Synthèse du menthol :

Comme beaucoup de produits naturels employés couramment, la demande de menthol excède considérablement l'approvisionnement des sources naturelles.

Chapitre I : Description de la plante de la Menthe

Le menthol est fabriqué comme énantiomère simple par Takasago International Cie sur une échelle de 400 tonnes par an. Le processus implique une synthèse asymétrique développée par une équipe menée par (Noyori.,2009).

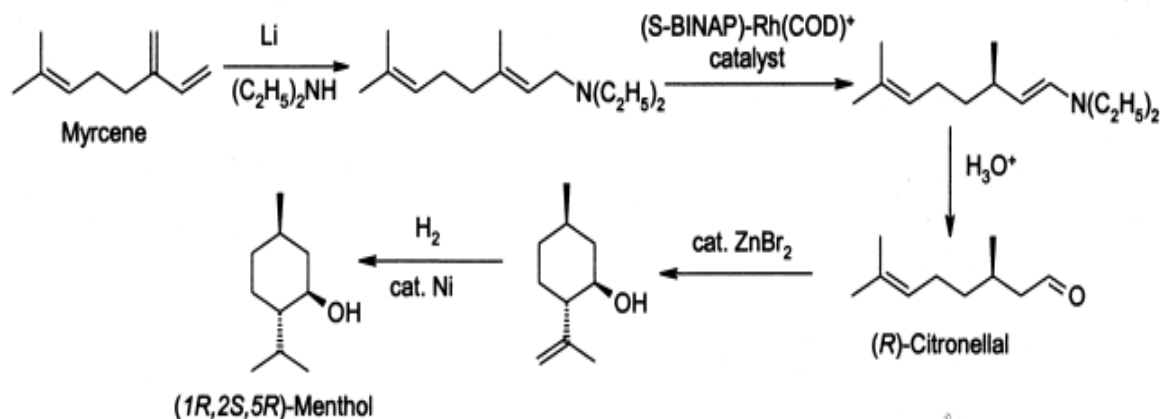


Figure 9 : La synthèse de Menthol

5-2- Carvone :

Le carvone est un composé organique de formule moléculaire $C_{10}H_{14}O$ ce situé sous forme un liquide incolore à jaune pâle ayant une température d'ébullition de $230^{\circ}C$ (Abbas.,2005).

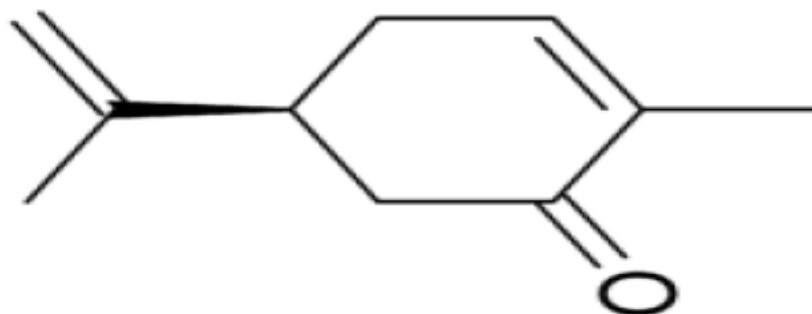


Figure 10 : La structure du Carvone

5.2.1- Définition :

La molécule de carvone (aussi appelé 2-méthyl-5-(1-méthyléthényl)-2-cyclohexén-1-one) appartient à la famille des terpènes et possède un carbone asymétrique. Elle existe donc sous deux formes (des énantiomères) ayant les mêmes propriétés chimiques et physiques et qui ne diffèrent que par leur pouvoir rotatoire.

La R-carvone (L-carvone) (lévogyre) est présente en grande quantité dans les essences de menthe verte. La S-carvone (D-carvone) (dextrogyre) est le constituant majeur des essences extraites d'aneth et des graines de carvi. On trouve également dans les essences issues des peaux d'oranges. Beaucoup d'essences naturelles, comme celles extraites de la menthe poivrée, contiennent des carvones en petites quantités (Guide.,2008).

5.2.2. Propriétés :

5.2.2. 1 - Oxydation :

L'oxydation de la carvone peut également conduire à différents composés.

En présence d'une base comme $\text{Ba}(\text{OH})_2$, la carvone est oxydée par l'air ou l'oxygène pour donner la dicétone (Rajeswara.,2002) .

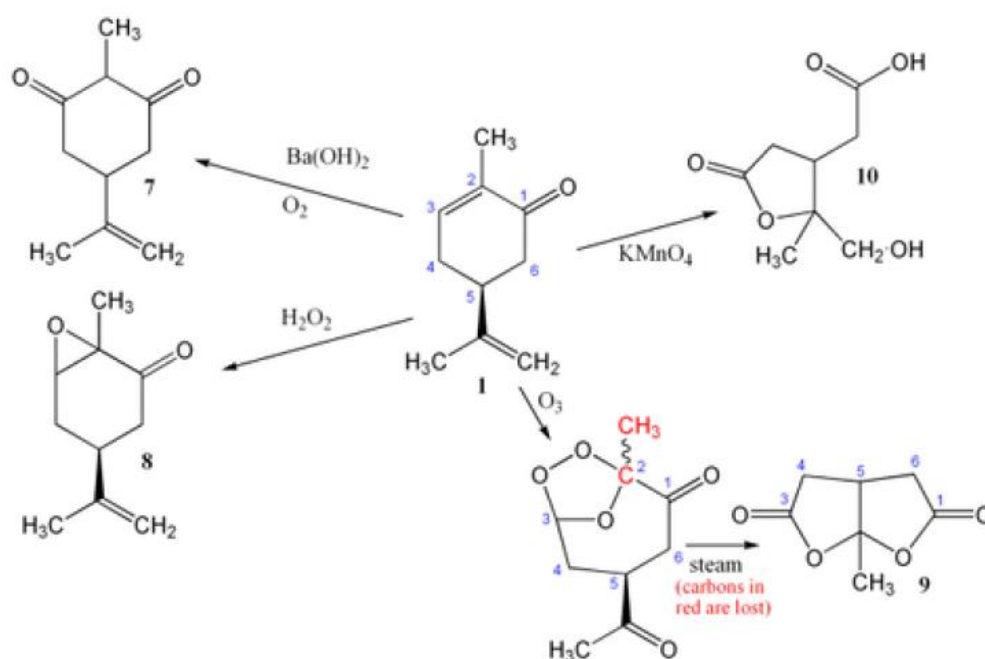


Figure 11 : Réactions d'oxydation du carvone

5.2.2 - Réduction :

La carvone contenant 3 doubles liaisons est susceptible de donner des réactions de réduction. Le résultat de la réduction dépend des réactifs et des conditions sous lesquelles se déroulent les réactions. L'hydrogénation catalytique de la carvone (1) peut donner le

carvomenthol (2) ou la carvomenthone (3). Une réduction au zinc dans l'acide acétique donne la dihydrocarvone (4).

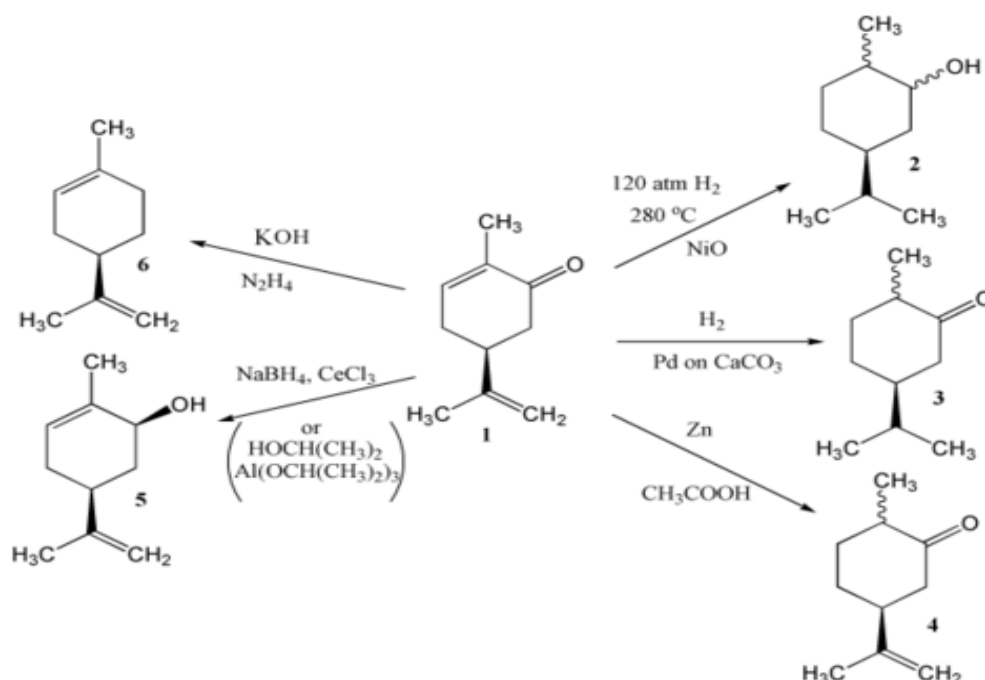


Figure 12 : Réactions de réduction du carvone

5.3- Pulégone :

Pulégone est un naturel composé organique obtenu à partir huiles essentielles. C'est un liquide huileux sans couleur clair avec pennyroyal odeur. Il est classifié comme a monoterpène et a la formule moléculaire $C_{10}H_{16}O$ (Grundschober.,1979).

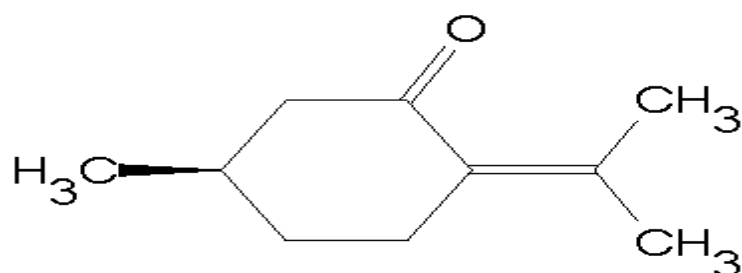


Figure 13 : La structure du Pulégone

Il est trouvé dans certaines huiles essentielles comme Nepeta Cataria (Cataire), Piperita de Mentha, et pennyroyal. Pulégone a une odeur plaisante semblable à menthe poivrée et camphre. Il est employé dans les aromatisants, dans parfumerie, et de dans aromathérapie (Sullivan.,1979).

Chapitre II : Radicaux libres et antioxydants

1)- Les radicaux libres :

1-1-Définition :

Un radical libre est une espèce chimique (atome ou molécule) contenant un électron non apparié. Ce déséquilibre n'est que transitoire et est comblé par l'acceptation d'un autre électron ou par le transfert de cet électron libre sur une autre molécule (Afonso...,2007) .

En biologie ; il existe deux sortes de radicaux libres : les ERO (espèces réactives de l'oxygène) tel que ($O_2^{\cdot -}$; H_2O_2 ; $HOCl$; OH^{\cdot} ; 1O_2 ) ; et les ERN (espèces réactives de l'azote) tel que (NO^{\cdot} ; $ONOO^{\cdot}$...) qui dérivent tous de l' O_2 (Tsumbu...,2012).

1-2- Origine et production des radicaux libres :

La plus part des radicaux libres proviennent de la chaîne respiratoire, du NADPH et de l'activité de la Xanthine oxydase, alors que les espèces réactives de l'Azote sont essentiellement produites par la NO-synthase, comme c'est mentionné sur la (Figure 15)

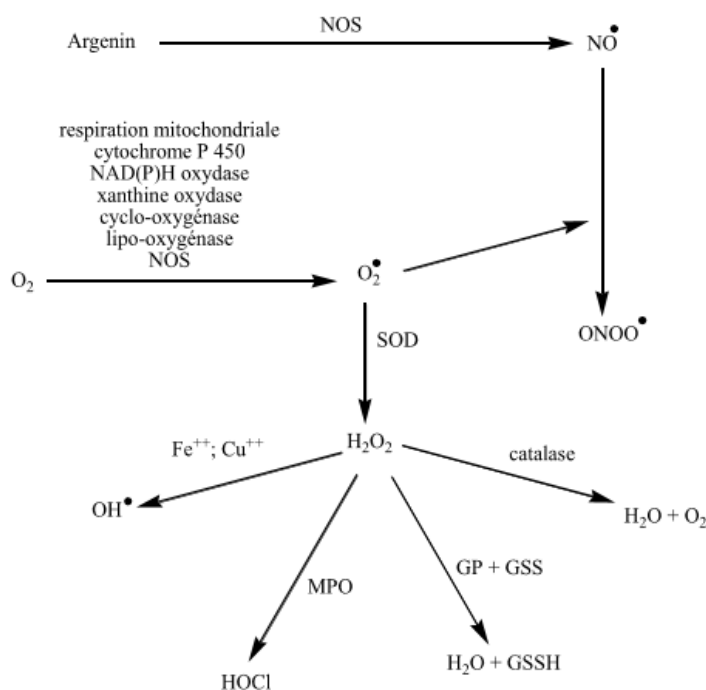


Figure 14 : principales voies de formation des radicaux libres (Boubekri.,,2014).

1-2-1- La mitochondrie :

La mitochondrie est le siège majoritaire de la synthèse des radicaux superoxydes. Durant la respiration, quatre électrons sont ajoutés à l'oxygène par le complexe IV de la chaîne respiratoire, cependant l'oxygène peut être réduit en formant des espèces réactives de l'oxygène telles qu' O_2^\cdot et HO^\cdot (Lacolley, 2007).

1-2-2- La NADPH-Oxydase :

Des études récentes ont montré que les NADPH oxydases des cellules vasculaires constituent une source majeure d'ERO, particulièrement, du radical superoxyde O_2^\cdot par transfert d'un électron sur l'oxygène (Bonfont, 2002).

1-2-3-La xanthine Oxydase :

Elle oxyde l'hypo xanthine en xanthine, et la xanthine en acide urique comme elle transfère chacun de ces deux électrons sur une molécule O_2 quelle réduit en O_2^\cdot (Tsumbu et al., 2012).

1-2-4-La NO-Synthase (NOS) :

Les NOS catalysent la transformation de L-arginine en citrulline et produisent du monoxyde d'azote NO^\cdot , appelé aussi oxyde nitrique (Tsumbu, 2012).

2)- Le Stress Oxydant :

2-1- Définition :

Le stress oxydant est communément défini comme un déséquilibre entre les systèmes oxydants et les capacités anti-oxydantes d'un organisme, d'une cellule ou d'un compartiment cellulaire (Tsumbu, 2012).

2-2- Conséquences du stress oxydant :

Lors d'un stress oxydant, les ERO non détoxiquées par le système antioxydant attaque et endommagent les macromolécules contenues dans les cellules ; notamment les lipides, les protéines et l'ADN (Figure 15) (Barouki, 2006)

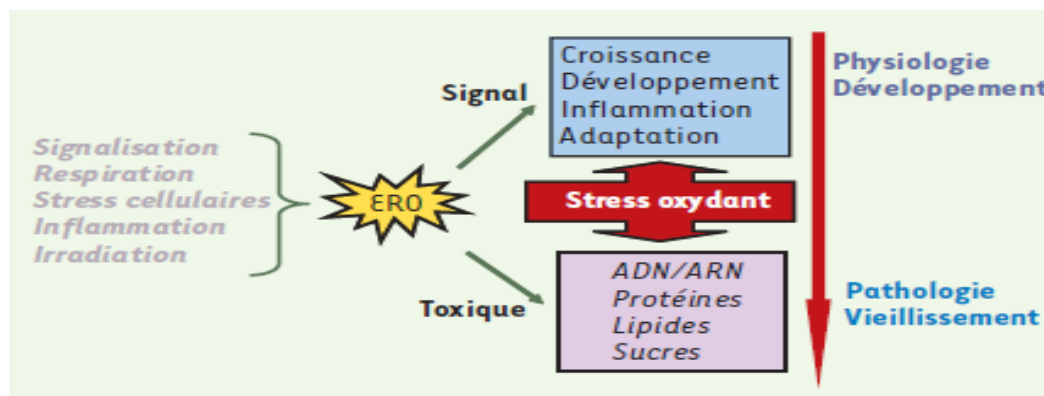


Figure 15: L'attaque des macromolécules par les ERO lors d'un stress oxydant (Koechlin, 2006).

2-2-1- Oxydation d'ADN :

Les ERO attaquent l'ADN nucléaire et mitochondriale au niveau des bases azotées, qui sont très sensibles à l'oxydation. Le radical (OH \cdot) s'additionne sur les doubles liaisons de ces bases généralement en C5 et C8 et les oxyde. Un taux élevé de 8-oxo-guanine est un des principaux marqueurs d'agression oxydante dans l'ADN (Figure 16) (Tsumbu, 2012).

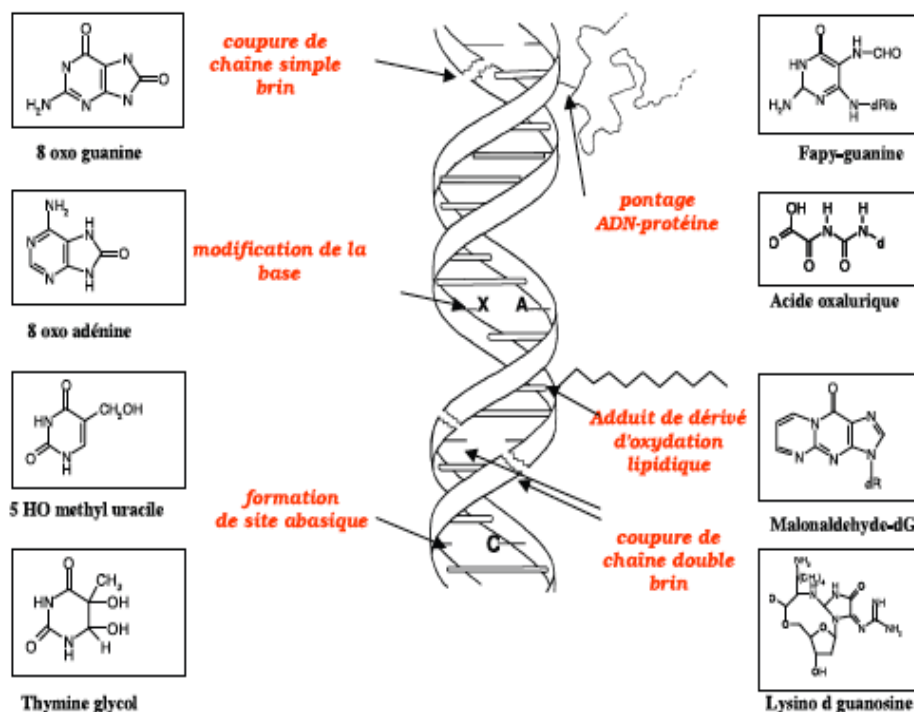


Figure 16 : Lésions d'ADN causées par les radicaux libres (Favier., 2003).

2-2-2- Oxydation des protéines :

Les ERO oxydent les résidus aminoacides responsables des activités des protéines, en agissant sur les centres Fe-S de ces dernières, ou sur les métaux qu'elles complexent; de cette manière elles altèrent leurs structures entre autres en les dimérisant, et perturbent leurs fonctions (Figure 17) (Tsumbu, 2012).

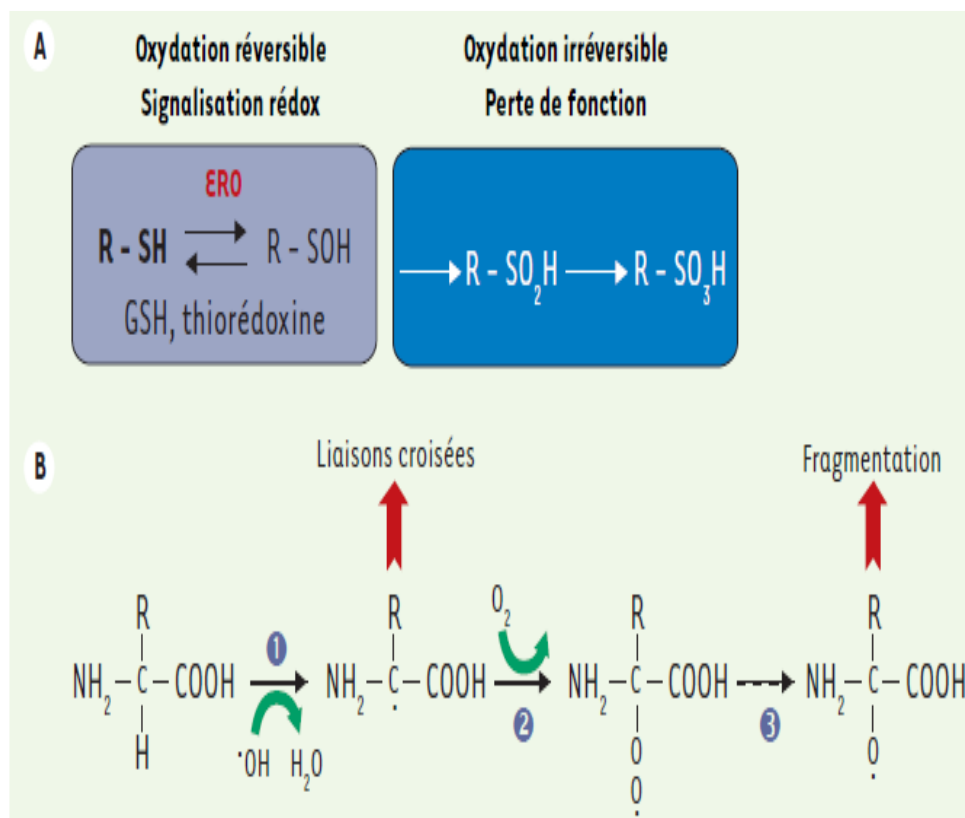


Figure 17 : Attaque radicalaire des protéines (Migdal., 2011).

2-2-3-Peroxydation lipidique

La peroxydation lipidique est un phénomène général qui se produit dès la présence de l'oxygène. Tous les lipides contenant des acides gras insaturés quelle que soit leur origine (huiles végétales, huiles de poissons, graisses animales, membranes cellulaires, lipoprotéines) sont concernés (Cillard.,2006). L'attaque des radicaux libres au sein des doubles liaison lipidiques membranaires induit des processus de peroxydation en cascade aboutissant à la désorganisation complète de la membrane altérant de ce fait ses fonctions d'échange, de barrière et d'information (Koechlin.,2006).

L'autoxydation des acides gras polyinsaturés par l'oxygène se déroule en trois étapes : initiation, propagation, terminaison, (Figure 18).

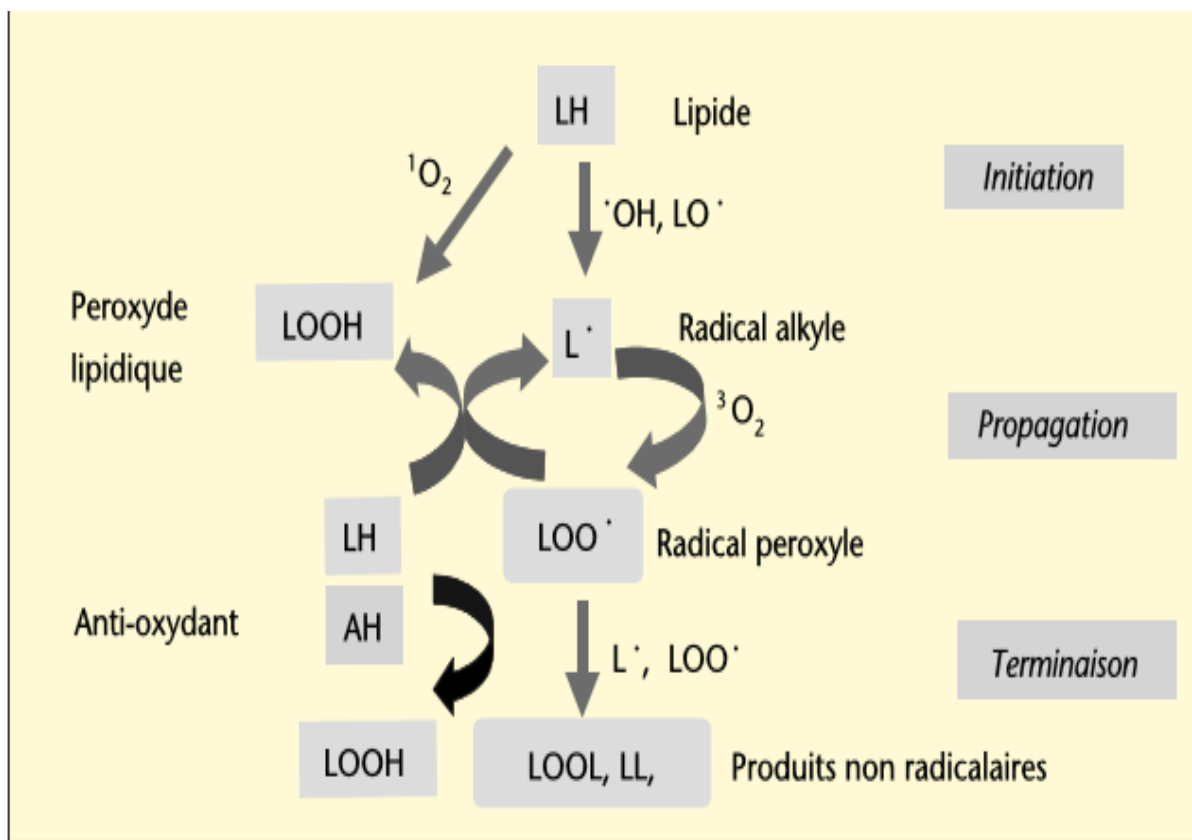


Figure 18: Mécanisme de l'autoxydations des acides gras par l'oxygène (Cillard., 2006).

2-3- Maladies liées au stress oxydant:

Les modifications génomiques, métaboliques et fonctionnelles induites par le stress oxydant sont impliquées dans le développement de différentes pathologies.

Ainsi, l'oxydation des lipides et de l'ADN est un facteur primordial dans l'augmentation des maladies cardiovasculaires et celle des cancers.

Le stress oxydant est également impliqué dans des affections aussi diverses que l'arthrite, la maladie de Parkinson et la maladie d'Alzheimer. Enfin, il est aussi un mécanisme majeur dans le vieillissement physiologique, selon la théorie radicalaire (Koechlin.,2006).

3)- Les Antioxydants :

3-1- Définition :

Un antioxydant (AOX) est une substance qui inhibe ou retarde significativement l'oxydation d'un substrat, alors qu'elle présente une concentration très faible dans le milieu où elle intervient (Berger.,2006) .

3-2- Types d'antioxydants :

Notre organisme est équipé de tout un système complexe de défense antioxydant enzymatique et non enzymatique localisé dans les compartiments intra et extra cellulaire (Figure 19) (Berger,.2006).

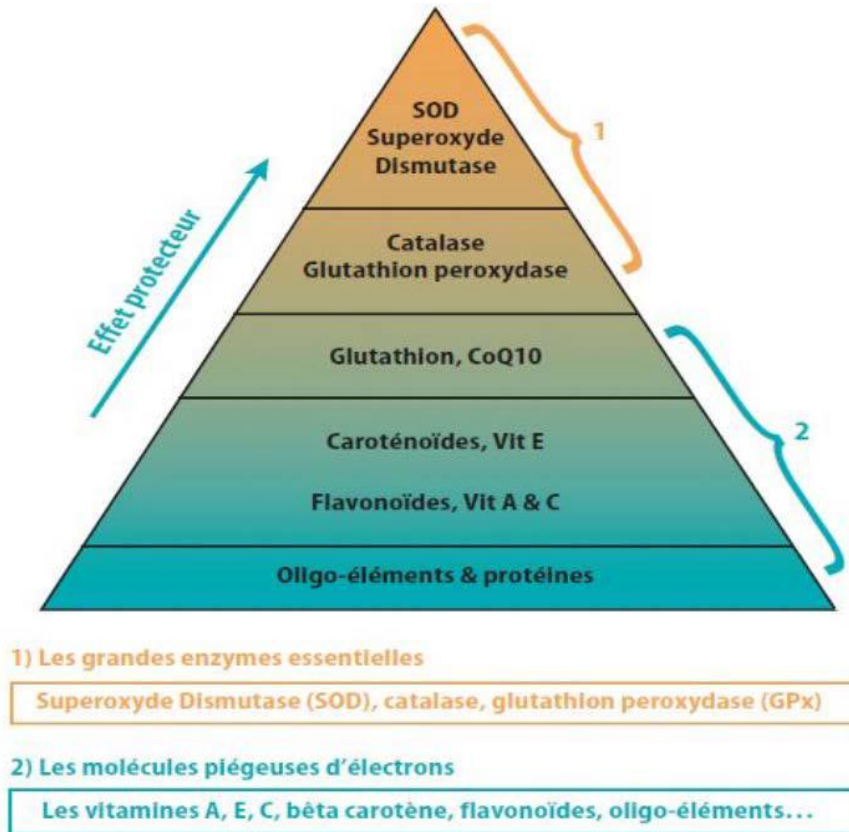


Figure 19: Les antioxydants enzymatiques et non enzymatiques (Menvielle-Bourg, 2005).

3-2-1 Les antioxydants enzymatiques :

Il existe différents types d'antioxydants enzymatiques, non enzymatiques et composés phénoliques.

Tableau 1: les antioxydants enzymatiques.

Enzymes	Mode d'action	Référence
Superoxyde-dismutase (SOD)	La SOD catalyse la dismutation de l'O ₂ ⁻ en dioxygène et H ₂ O ₂ selon la réaction(1) : $O_2^- + O_2^- \rightarrow H_2O_2 + O_2$ (1)	Afonso ., 2007
Catalase	Elle transforme le peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène moléculaire selon la réaction (2) : $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$ (2)	Tsumbu., 2012
Glutathion peroxydase (GPx)	L'enzyme catalyse la transformation du peroxyde d'hydrogène et des hydro peroxydes de type lipidique (ROOH) selon les réactions (3 et 4) : $H_2O_2 + 2GSH \rightarrow 2H_2O + GSSH$ (3) $ROOH + 2GSH \rightarrow ROH + H_2O + GSSH$ (4)	Tsumbu., 2012

3-2-2- les antioxydants non enzymatiques :

3-2-2-1-Les vitamines :

- Acide ascorbique :

C'est un désactivateur de l'oxygène singulet, il élimine aussi l'oxygène moléculaire, il est aussi un donneur d'hydrogène aux radicaux lipidiques et aux radicaux tocophérols pour régénérer le tocophérol (Figure 21) (Cillard,..,2006).

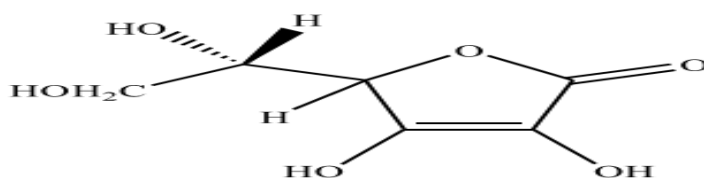
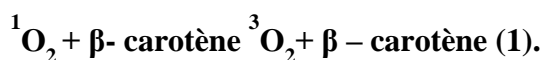


Figure 20: Structure chimique de l'acide Ascorbique (Boubekri., 2014).

- La β - Carotène :

Les caroténoïdes sont les molécules les plus efficaces pour piéger l'oxygène singulet (réaction 1) (Laguerre,..,2007).



- La vitamine E (L'α-tocophérol) :

Il est présent dans les membranes des cellules et les organites cellulaires, où il joue un rôle important dans la suppression de la peroxydation des lipides et il s'accumule sur ces sites au

sein des cellules dans lesquelles la production des radicaux d'oxygène est plus grande. Il neutralise les radicaux pyroxyles, alkyles et alcoxyles, (Figure 21) (Annaházi, 2017).

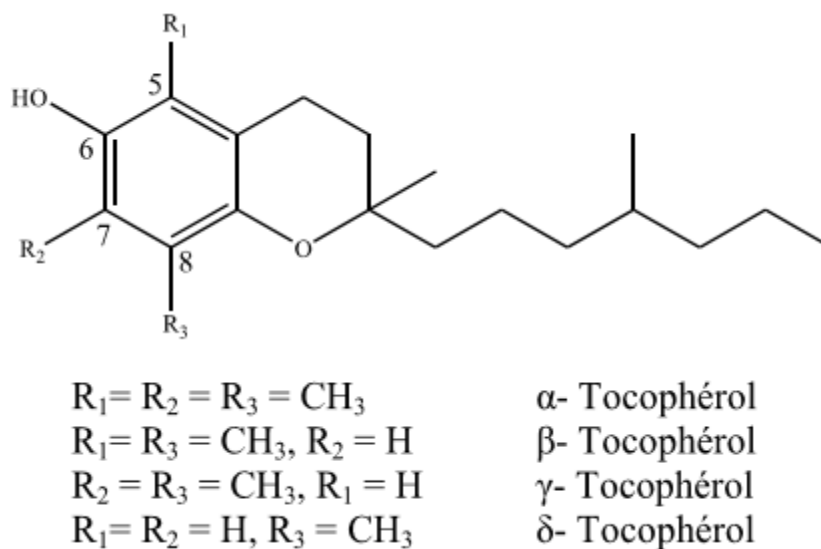


Figure 21 : Structure des tocophérols (Boubekri., 2017).

3-2-2-2-Les oligoéléments :

- Le sélénium :

Le sélénium est le cofacteur de la GPx qui favorise l'élimination des lipides oxydés. Il joue aussi un rôle primordial dans le maintien d'une bonne immunité tout en étant le cofacteur d'autres enzymes impliquées dans le fonctionnement de la thyroïde (Pincemail, 2009).

- Le cuivre :

C'est un cofacteur d'enzymes comme la SOD, le cytochrome C oxydase, la dopamine β -hydroxylase. (Haleng, 2007).

- Le zinc :

Il joue un rôle de cofacteur pour de nombreux enzymes, il intervient ainsi dans de nombreuses fonctions comme le métabolisme des nucléotides, la synthèse des prostaglandines. Il peut inhiber les réactions de formation des ERO (Haleng, 2007).

3-2-3-Les composés phénoliques :

3-2-3-1-Définition :

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec un glucide. Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs (racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines et bois) Les plus représentés sont les anthocyanes, les flavonoïdes et les tannins (Figure 22) (Boizot, 2006)

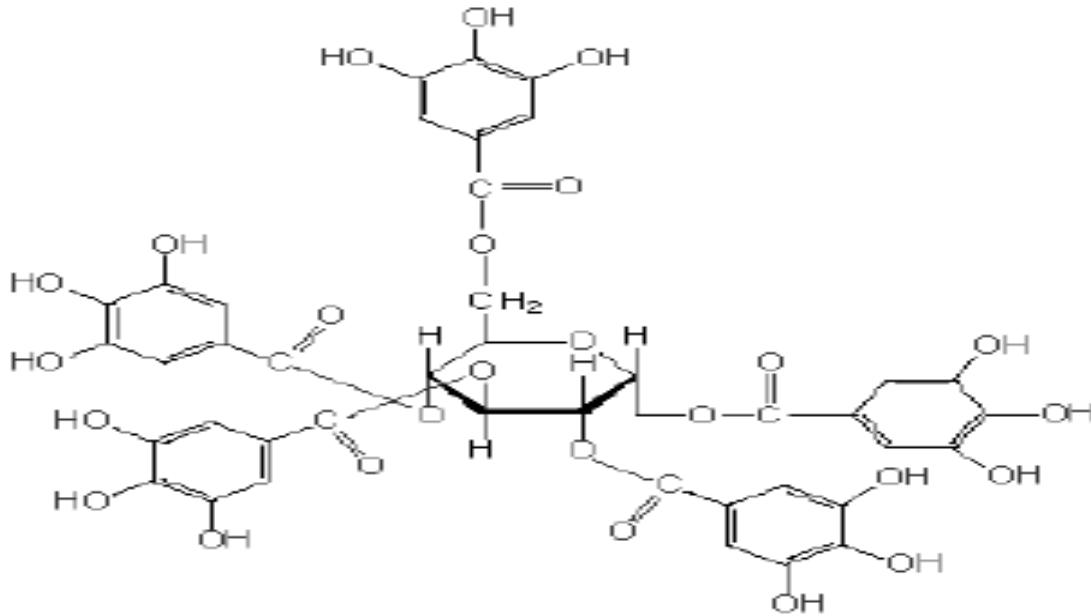


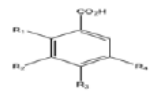
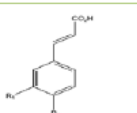
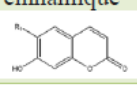

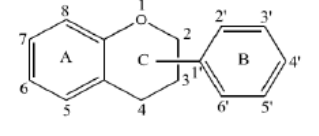
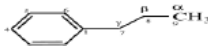
Figure 22 : la structure commune des polyphénols (Vattem *et al.*, 2005).


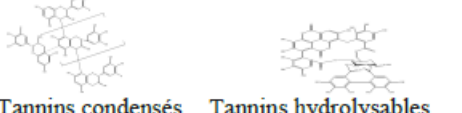
3-2-3-2-Synthèse et classification des composés phénoliques :

Les composés phénoliques sont principalement synthétisés à partir des hydrates de carbone via la voie de l'acide shikimique et la voie de l'acétate, celles de l'acide shikimique conduisant après trans-amination et désamination aux acides cinnamiques et à leurs dérivés et celles de l'acétate conduisant aux poly-cétoesters ou poly acétates (malonate).

La structure des composés phénoliques va du simple noyau aromatique de faible poids moléculaire jusqu'aux tanins complexes de très haut poids moléculaire, et ils peuvent être classés par le nombre de l'arrangement des atomes de carbone les composant, en fonction de la longueur de la chaîne aliphatique liée au noyau benzénique, (Tableau 2)(Chira.,2008).

Tableau 2: Les principales classes des composés phénoliques (Boubekri., 2014).

Squelette carbonée	Classe	Structure
C6	Phénol simple	
C6-C3	Acides hydroxybenzoïques	
C6-C3	-Acides cinnamique	hydrox 
	-Coumarines	 A cinnamique Coumarines
C6-C2-C6	Silènes	
C6-C3-C6	Flavonoïdes Flavonols Anthocyanes Flavanols Flavanones Isoflavonols	
(C6-C3)2	Lignanes	

(C6-C3) n	Lignines	
(C15) n	Tanins	 Tannins condensés Tannins hydrolysables

3-2-3-3- Mode d'action des composés phénoliques :

Les composés phénoliques exercent une activité antioxydant via plusieurs mécanismes :

- Le piégeage direct des ERO.
- L'inhibition des enzymes génératrices d'ERO.
- La chélation des ions de métaux de transitions (Achat.,2013).

*** Chélation des ions métalliques :**

Les polyphénols contribuent à l'inhibition de la formation des radicaux libres par la chélation des métaux de transition tels que le fer (Fe^{2+}) et le cuivre (Cu^+), qui sont essentiels pour de nombreuses fonctions physiologiques. Ils entrent notamment dans la composition des hémoprotéines et de cofacteurs d'enzymes du système de défense antioxydant (Fe^{2+} pour la Catalase et (Cu^+ pour le superoxyde dismutase). Cependant, ils peuvent aussi être responsables de la production du radical $\text{OH}\cdot$ par la réduction de H_2O_2 lors de la réaction de Fenton (Achat, 2013).

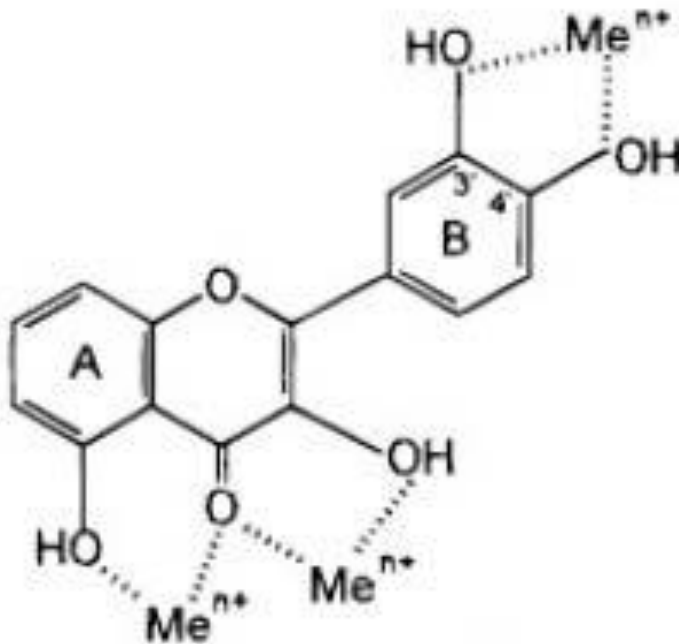
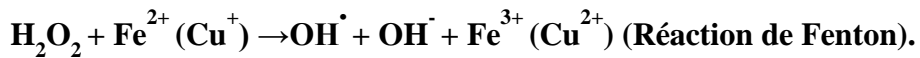
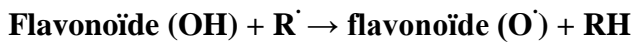


Figure 23 : Chélation des ions métalliques par les polyphénols (Pietta., 2000).

➤ **Piégeage des radicaux libres :**

Les composés phénoliques ont des propriétés antioxydants en raison de leur capacité à piéger les radicaux libres et les espèces réactives de l'oxygène, le processus est radicalaire, ils interfèrent avec l'oxydation des lipides et d'autres molécules par la donation rapide d'un atome d'hydrogène aux radicaux libres (Boubekri.,2014).

➤ **Inhibition des enzymes :**

L'inhibition des enzymes génératrices des radicaux libres dans les systèmes biologiques est un mécanisme important d'effet antioxydant pour les polyphénols .

Les polyphénols possèdent une affinité pour une grande variété de protéines, via des interactions de van der Waals (cycles aromatiques) et des liaisons hydrogènes (groupements OH phénoliques). Par exemple, les aglycones des flavonoïdes, essentiellement les flavones et les flavonols (noyaux tricycliques plans et polarisables), ont une capacité de se lier avec beaucoup de protéines globulaires, notamment des enzymes, des récepteurs et transporteurs (Achat,2013).

Partie II: Etude Expérimentale

I- Matériels et Méthodes

1)- Objectifs :

Le but de notre étude consiste à réaliser une étude comparative de la menthe verte cultivée dans deux régions différentes dans l'Ouest et Sud d'Algérie, il s'agit de la menthe verte de Sidi Bel Abbés et la menthe d'Adrar. Une étude phytochimiques en se basant sur quelques analyses tel que les polyphénols et les tanins. Cette étude est basée sur :

- Extraction des composés phénoliques de la Menthe.
- Quantification de certains métabolites secondaires (polyphénols totaux, tanins et flavonoides).
- Évaluation de l'activité antioxydante via le test DPPH.

2)- Matériels :

2-1 Présentation des Stations de Prélèvement :

Le prélèvement de la plante de la menthe a été effectué pendant le mois de février au niveau de deux zones différentes : la menthe de la wilaya de Sidi Bel Abbes et la menthe d'Adrar.

2-2 Matériel Végétal :

A) La Récolte du Matériel Végétal :

Dans la première partie expérimentale, le matériel végétal (la Menthe) (Figure 26.a) à été d'abord nettoyé, séché à l'ombre à une température ambiante, à l'abri de l'humidité. Le séchage est de 7 jours en moyenne pour cette étape (Figure 26.b), cette étape à été suivi par un broyage sert à réduire la menthe en poudre à l'aide d'un broyeur. Enfin, la menthe broyé à été conservé dans des flacons stériles et propre jusqu'à l'utilisation.



(a) Plante fraîche

(b) plante après séchage.

Figure 24 : plante fraîche et après séchage (pris de vue personnelle).

2-3 Préparation des Extraits Bruts :

A- Extraction par Macération :

Les feuilles de la menthe en poudre ont été extraites avec 100 ml de méthanol à 70% sous agitation pendant 24h à température ambiante (Majhenic et al. 2007). Le mélange est filtré puis concentré à l'aide d'un évaporateur rotatif (Heidolph instruments) afin d'obtenir EMM. (Figure 25, 26).



Figure 25 : Extraction par macération méthanolique de la menthe (prise de vue personnelle).

.3 Méthodes

.3.1 Dosage des Métabolites Secondaires

A- Polyphénols Totaux :

Principe :

La teneur phénolique totale est habituellement déterminée par un dosage colorimétrique avec un spectrophotomètre en utilisant l'essai de Folin-Ciocalteu. Les composés phénoliques réagissent avec le réactif de Folin-ciocalteu. Le mélange d'acide phosphotungstique (H₃PO₄ 12040) et d'acide phosphomolybdique (H₃PMO₁₂O₄₀) est réduit, lors de l'oxydation des polyphénols, en un mélange d'oxyde bleu de tungstène et molybdène (MO₈O₂₃) (Figure 27). La coloration produite, dont l'absorption maximale est comprise entre 725 et 750 nm est proportionnelle à la quantité de polyphénols présente dans les extraits végétaux (Boizot, 2006).



Figure 26 : Filtration et évaporation de mélange (prise de vue personnelle)

Protocole

Le taux des phénols totaux a été déterminé selon la méthode décrite par (Qusti et al., 2010). Un volume de 0.2 ml de chaque extrait dilué ou de l'acide gallique (standard) A été mélangé avec 1ml de réactif de Folin-Ciocalteu (dilué 10ème avec de l'eau distillée) et 0.8ml de Na_2CO_3 à 7.5%. Après 30 min d'incubation, l'absorbance a été mesurée À 765 nm. La courbe standard a été réalisée en utilisant une gamme de concentrations d'acide gallique allant de 0 à 100 mg/l. les taux de polyphénols ont été exprimés en milligrammes équivalent acide gallique par gramme de matière sèche.



Figure 27 : Dosage de polyphénols (prise de vue personnelle).

B -Teneur en Flavonoïdes

Principe :

La formation d'un complexe jaunâtre (Figure 28), lors de l'ajout du chlorure d'aluminium, est due à la fixation des ions Al^{3+} sur les atomes d'oxygène, présents sur les carbones 4 et 5 des flavonoïdes. La quantité des flavonoïdes dans un extrait devrait être déterminée selon le flavonoïde prédominant, cependant la quercitrine est largement utilisée comme standard pour la détermination de la teneur des flavonoïdes dans un échantillon (Bahoruu et al., 1996).

Protocole:

La méthode colorimétrique de chlorure d'aluminium est utilisée pour la détermination des flavonoïdes (Zhishen.,1999). Un volume de. 0.5 ml de chaque extrait dilué avec 1.5ml d'eau distillée est mélangé avec 0.3ml de $NaNO_2$, à 5% 3ml de $AlCl_3$, 10% sont ajoutés 5min plus tard. Après 6min, 1ml de $NaOH$ à 4% est additionné. La solution est bien mélangée et l'absorbance est mesurée à 510nm. La catéchine est utilisée comme standard pour la courbe d'étalonnage. Les teneurs en flavonoïdes totaux sont exprimées en mg équivalent catéchine/g de matière sèche,

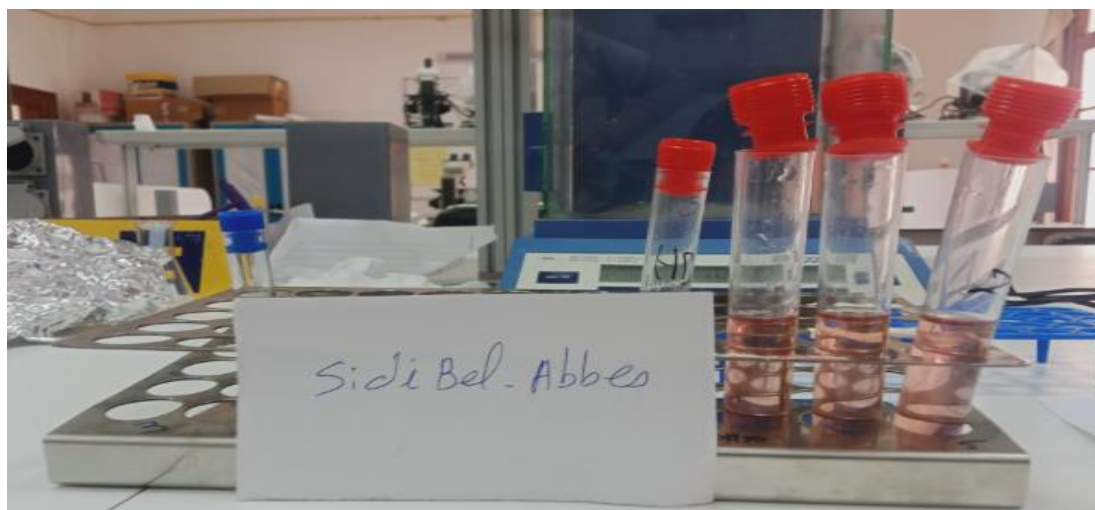


Figure 28: Dosage des flavonoïdes (prise de vue personnelle).

C- Teneur en Tanins Condensés :

Principe :

Les tanins sont des polymères caractérisés par la présence d'un nombre suffisant de groupe hydroxyphénoliques permettant des combinaisons plus stables avec les protéines et alcaloïdes. Ces composés sont généralement amorphes, solubles dans l'eau et insolubles dans les solvants organiques apolaires (Quettier-Deleu et al., 2000).

Protocole :

0.1-0.5ml des extraits sont mis dans des tubes puis 3ml de vanilline 4% (p/v) dans du méthanol sont ajoutés. Après agitation vigoureuse on ajoute immédiatement 1.5 ml d'HCl concentré puis on agite de nouveau. L'absorbance est mesurée à 500nm après 20min d'incubation (Julkunen.,1985). La courbe d'étalonnage est préparée dans les mêmes conditions en utilisant la catéchine comme standard et les résultats sont exprimés en mg équivalent catéchine/g de matière sèche.



Figure 29 : Dosage de Tanins condensées (prise de vue personnelle).

D-Teneur en Tanins Hydrolysables :

La méthode de Mole et Waterman (1987) était basée sur la présence d'une réaction avec le chlorure ferrique. Le mélange d'extrait tannique avec le réactif de chlorure ferrique conduit à la formation d'un complexe de couleur rouge-pourpre avec formation d'ions Fe^{+} (Bate-Smith, 1973). Une solution de 0,01M de $FeCl_3$, a été mélangée avec une solution de HCl 0,001M (v/v). 3,5ml de cette solution sont ajoutés à 1ml de l'extrait. Après 15 secondes, L'absorbance est mesurée à 660nm. Les tanins hydrolysables ont été exprimés par la relation (2).

$$T\% = DO \times \frac{M \times V}{E_{mole} \times W} \quad (2)$$

- T%: pourcentage des tanins hydrolysables,
- DO: densité optique,

- M: 300,
- V: volume d'extrait utilisé,
- E moles: 2169 d'acide gallique,
- W: poids de l'échantillon.

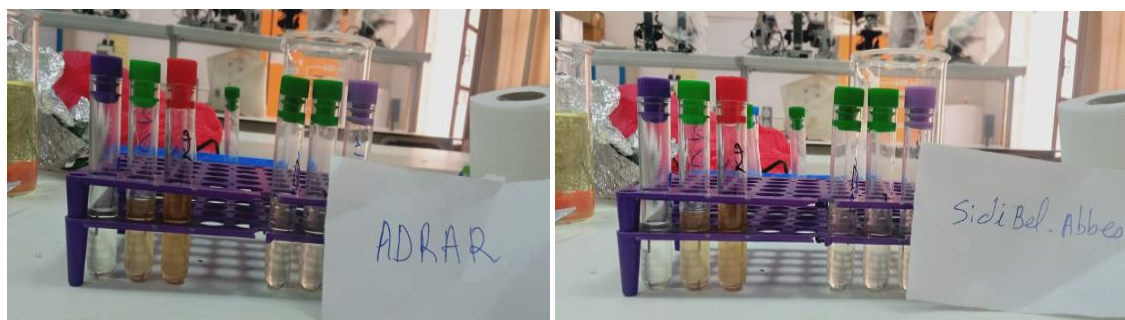


Figure 30 :dosage de tanins hydrolysables (pris de vue personnelle).

3-2 Évaluation de l'Activité Antioxydante :

Piégeage du Radical 2-Diphényl-1 -Picrylhydrazyl (DPPH) :

Méthode du piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazil) (Sanchez, 2002) est la plus simple à réaliser in vitro. Le DPPH est largement employé pour évaluer le balayage de divers produits naturels et considéré comme un composé modèle pour les radicaux libres produits dans la peroxydation lipidique.

Dans ce test, les antioxydants réduisent le diphényl-picrylhydrazyl ayant une couleur violette en un composé jaune le diphényl-picrylhydrazine (Figure 31) dont l'intensité de couleur est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants dans le milieu réactionnel (Sanchez.,.2002).

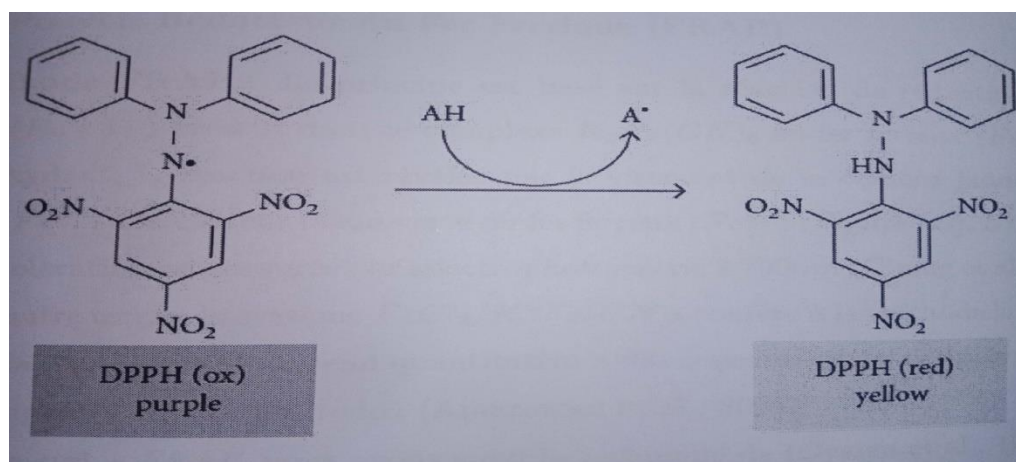


Figure 31 : principe de piégeage du radical DPPH (Teixeira et al., 2013).

L'activité de piégeage des radicaux libres des extraits des plantes est déterminée selon (Beuhammou., 2009). avec une légère modification. Une solution méthanolique (50ul) de chaque extrait à différentes concentrations est ajoutée à 1,95 ml de la solution méthanolique de DPPH à 25mg/l. L'absorbance est mesurée à 515nm après 30min d'incubation à l'abri de la lumière et à 37°C. Le pourcentage d'inhibition (PI) est calculé selon l'équation (3)

$$PI\% = \frac{DO_{\text{témoin}} - DO_{\text{extrait}}}{DO_{\text{témoin}}} \times 100 \quad (3)$$

- PI%: pourcentage d'inhibition
- $DO_{\text{témoin}}$: Absorbance du témoin négatif.
- DO_{extrait} : Absorbance de l'extrait.

Calcul des IC50:

IC50 est la concentration de l'échantillon testé nécessaire pour réduire 50% de radical DPPH. Les IC50 sont calculées graphiquement par les régressions linéaires des graphes tracés; pourcentages d'inhibition en fonction de différentes concentrations des fractions testées et les standards.

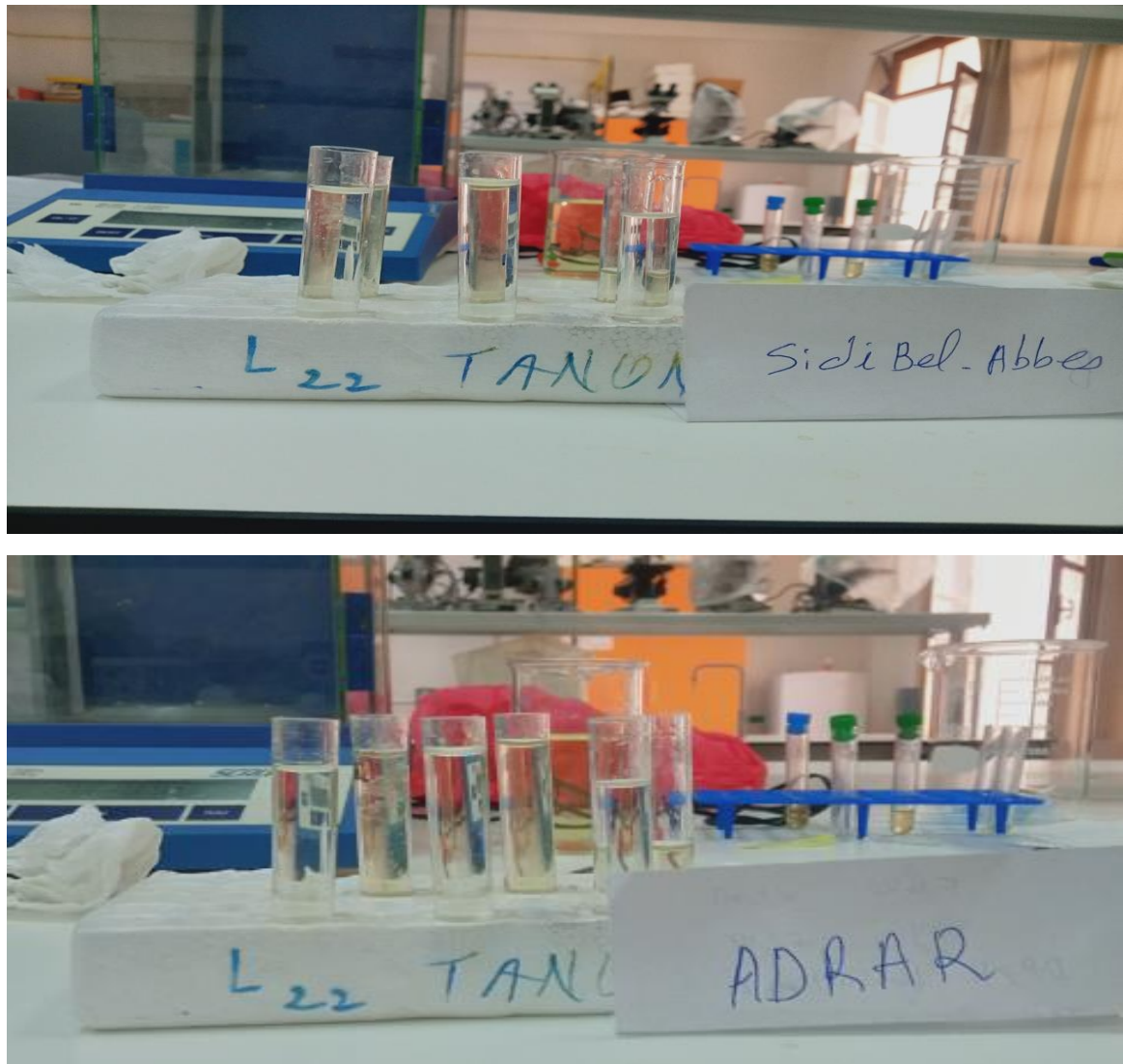


Figure 32 : Dosage de DPPH (prise de vue personnelle).

II- Résultats et Discussion :

1- Rendement des Extractions

Pour chaque échantillon, nous avons calculé le rendement de l'extraction méthanolique des extraits de la menthe cultivés dans la région de Sidi Bel Abbés et d'Adrar. Les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau 3.

Le rendement de l'extraction est calculé selon l'équation suivante :

$$R\%=(PES/PE) \times 100$$

R%: Rendement en pourcentage

PES : Poids de l'extrait sec (g)

PE : Poids de l'échantillon (poudre) (10g)

Tableau 3 : Rendement d'extrait de la menthe obtenue de SBA et d'Adrar.

Échantillons	Rendement
EMM SBA	18,1%
EMM Adrar	22,9%

EMM: Extrait Méthanolique de la Menthe.

Les résultats obtenus montrent que le rendement de l'extrait méthanolique de la menthe Adrar est légèrement élevé 22.9% par rapport à l'extrait méthanolique obtenu de la menthe de sidi bel abbés qui est de 18.1%.

2- Dosage des Métabolites Secondaires

A) Teneurs en Phénols Totaux, Flavonoïdes et Tannins

Les analyses quantitatives des phénols totaux, des tannins et des flavonoïdes sont déterminées à partir des équations de la régression linéaire de chaque courbe. Le tableau suivant montre l'ensemble des résultats obtenus de différents métabolites secondaires.

Tableau 4 : Rendements des extraits bruts méthanolique

Extrait	Polyphénols	Flavonoïdes	Tanins condensés	Tanins hydrolysables
	(mgEAG/g)	(mgEC/g)	(mgEC/g)	(mgEAG/g)
EMM Adrar	96.59±2.64	25.80±0.74	243.66±2.88	0.0004±1.752
EMM SBA	97.07±1.261	44.41±0.73	230.33±2.88	0.0001±5.807

- EMM Adrar: Extrait Méthanolique de La Menthe (Adrar).
- EMM SBA : Extrait Méthanolique de La Menthe (Sidi Bel Abbes)
- Les valeurs représentent la moyenne + Ecart type

Les résultats obtenu après les différents dosages effectués pour déterminer le taux en polyphénols (Tableau 4), en flavonoïdes et en tanins condensés et hydrolysables montre que une légère différence en polyphénols été constaté pour les deux extraits méthanolique de SBA et Adrar avec des valeurs respectivement de (97.07±1.261) mg EAG/g, (96.59±2.64) mg EAG/g. Tandis que la teneur en flavonoïdes est presque deux fois supérieure que celle de la menthe Adrar, les valeurs constatés de (44.41±0.73) mgEC/g, en flavonoïdes de Sidi Bel Abbés et (25.80± 0.74) mgEC/g en flavonoïdes pour la menthe Adrar.

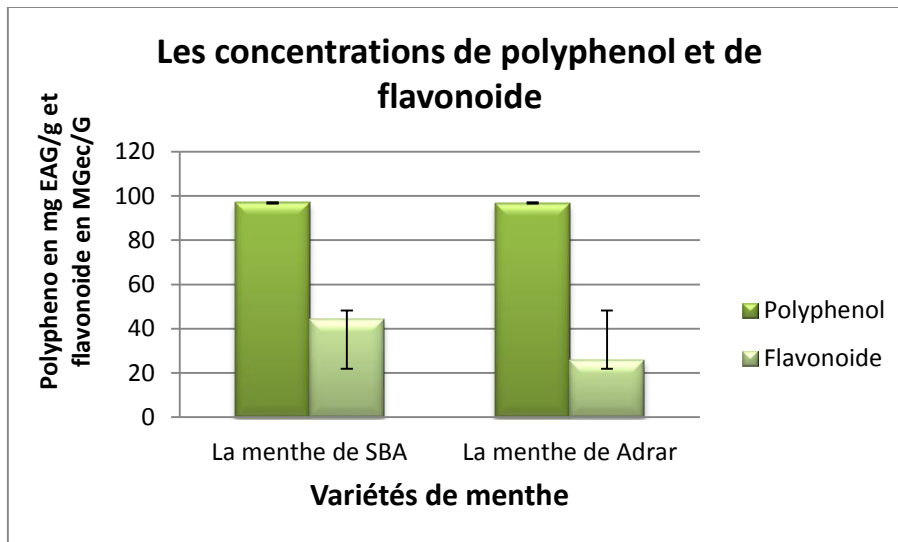


Figure 33: Concentrations en polyphénols et en flavonoïdes de deux variétés de la menthe (SBA et Adrar)

Concernant les tanins condensés représentent une teneur de (230.33 ± 2.88) mg EC/g et une teneur de (0.0001 ± 5.807) mg EAG/g en tanins hydrolysables pour l'extrait de la menthe de SBA, cette valeur obtenue est moins faible par rapport de l'extrait méthanolique de celle de la région d'Adrar avec des concentrations tanins condensés de (243.66 ± 2.88) mgEC/9 et tanins hydrolysables de (0.0004 ± 1.752) mg EAG/g.

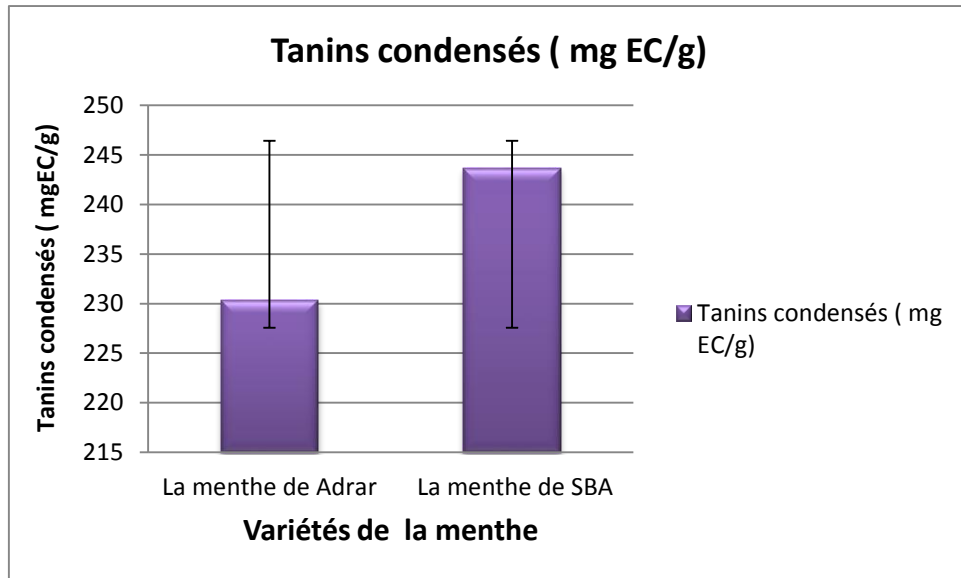


Figure 34 : Concentrations en tanins condensés de deux variétés de la menthe (SBA et Adrar)

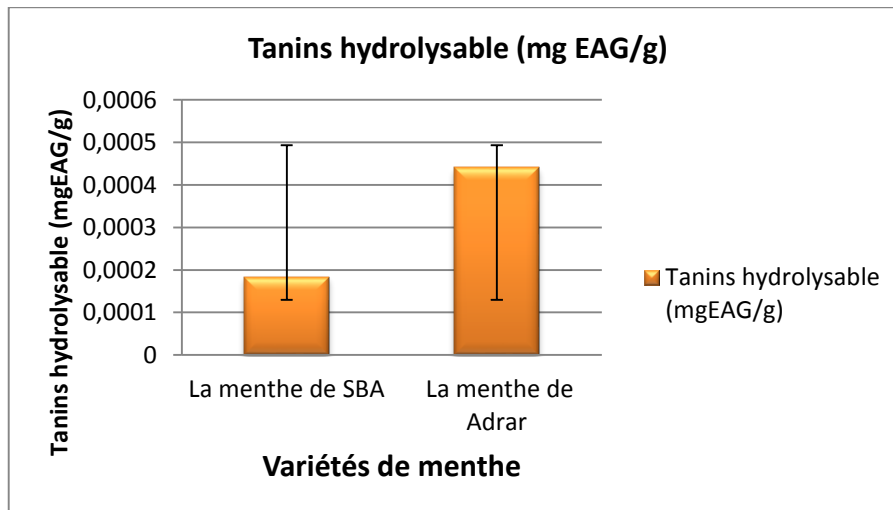


Figure 35: Concentrations en tanins hydrolysables de deux variétés de la menthe (SBA et Adrar)

L'usage des solvants à polarité différente peut influencer sur la composition des extraits selon leur degré de solubilité dans le solvant d'extraction. Ainsi, l'eau, le solvant le plus polaire, permet l'extraction de la plupart des métabolites secondaires présents dans la partie aérienne de la plante (Azzi, 2013). Nos résultats de l'analyse phytochimique de la menthe cultivées dans deux régions différentes indiquent la présence des polyphénols, des tanins, et des flavonoïdes concordent avec ceux de Zekri 2017, Seladji 2015 et Lahbab 2013.

La solubilité des composés phénoliques est en fonction de leur degré de polymérisation, l'interaction avec les autres constituants et le type de solvant utilisé. D'après la courbe d'étalonnage la teneur en composé phénolique dans l'extrait est 97,8 mg/g. Nos résultats sont inférieurs à ceux obtenus par Zekri (2017) qui ont trouvé que la concentration des composés phénoliques dans l'extrait aqueux de l'espèce *M. suaveolens* de la région Maroc (5,81g/l) ainsi que notre résultat est faiblement inférieur à celui obtenu par Benchilla et Lounis (2018) qui ont trouvé une concentration de 1.91 g/l dans l'extrait aqueux de l'espèce *Spergularia rubra* L. La teneur en composé phénolique diffère selon la région de récolte et selon l'espèce étudiée. Cette différence résulte vraisemblablement du fait que le dosage par le réactif Folin-Ciocalteu n'est pas spécifique aux polyphénols, mais beaucoup de composés organiques non phénoliques peuvent réagir avec ce réactif comme le dioxyde de soufre, l'acide ascorbique, les sucres, les amines aromatiques, les acides organiques (Medina-Remón et al., 2009). De même; le contenu phénolique d'une plante dépend d'un certain nombre de facteurs intrinsèques et extrinsèques tels que les facteurs climatiques, la maturité, les pratiques culturales et les conditions de stockage après la récolte (Bourgou et al., 2008).

3- Potentiel Antioxydant :

La mise en évidence du pouvoir antioxydant des extraits des plantes a été réalisée par techniques chimiques (le piégeage du radical libre DPPH).

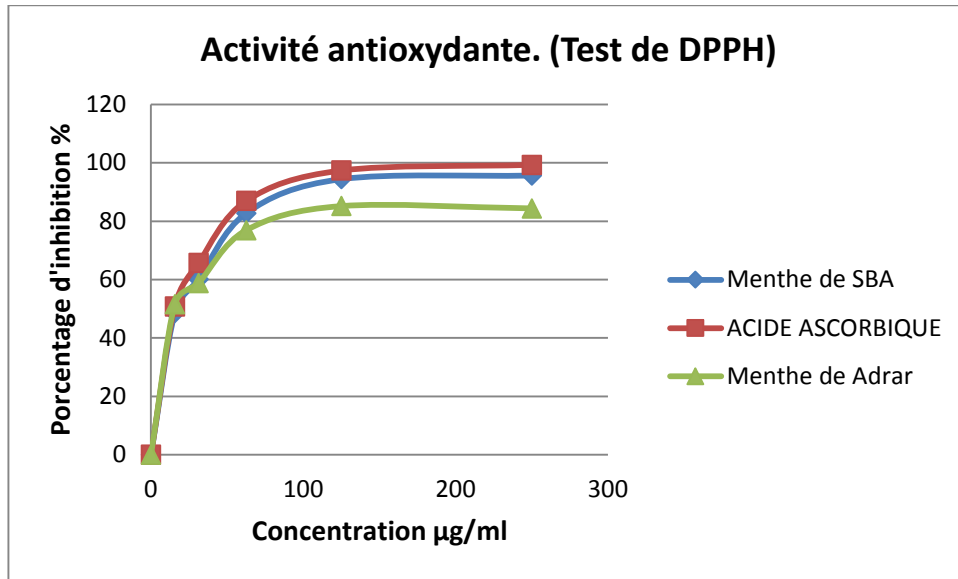


Figure 36 : Activité antioxydant (Test de DPPH)

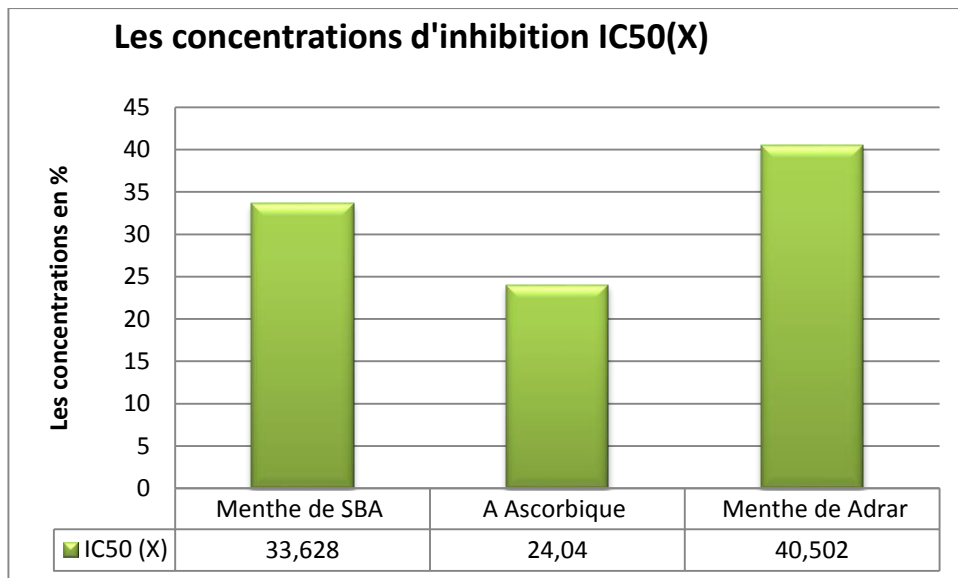


Figure 37 : Les Concentration d'inhibition IC50(X)

La capacité de donation des électrons par les huiles essentielles est mise en évidence par une méthode spectrophotométrique, en suivant la disparition de la couleur violette d'une solution méthanolique contenant le radical libre DPPH + (1,1- Diphenyl-2 picrylhydrazyl et apparence la couleur jaune.

Après avoir mesuré la densité optique d'huile essentielle et de l'acide ascorbique en utilisant le spectrophotométrie UV-visible, les résultats obtenus sont organisés en courbes standards et après calcul du taux d'inhibition, de l'échantillon (Figure37); nous avons trouvé

qu'ils étaient équivalents. Les résultats semblent que le pourcentage d'inhibition du radical libre augmente avec l'augmentation de la concentration soit pour l'acide ascorbique ou pour l'huile essentielle de *Mentha*; où sa concentration à 33% qui donne la meilleure activité antioxydante 96 µg/ml comparé à celle de l'activité antioxydante de la région d'Adrar. L'IC50 est inversement lié à la capacité antioxydante d'un composé, car il exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50 %. Plus la valeur d'IC50 est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est grande (figure36).

De nombreux chercheurs ont montré que la capacité inhibitrice des composés végétaux sur la radicaux de DDPH a une relation significative avec la structure chimique, et l'efficacité antioxydante de ces extraits peut être liée à leur composition en composés, l'efficacité de ces composés dépend du nombre de groupes hydroxyles associés à l'anneau aromatique (Debouba et al., 2012).

4-Dosage des minéraux (Na, K) par spectrophotomètre à flamme

La concentration des ions Na^+ et K^+ a été calculée à partir de l'équation de régression des gammes d'étalonnages établie avec le sodium et le potassium (Annexe).

On remarque d'après les résultats obtenus dans la **figure** que les deux variétés de la Menthe verte ont une forte teneur en sodium et au potassium qui sont riche, chose qui est en accord avec les résultats de l'étude Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Table de composition nutritionnelle des aliments Ciqual 2020.

Les concentrations maximales du potassium se trouvent respectivement dans la Menthe verte de Sidi Bel Abbés et (726.05 mg/l) et (720.34 mg/l) chez la Menthe Adrar. Ces valeurs sont élevées par rapport à l'étude récente de (Vázquez-Fresno et al, 2019) qui a constaté un taux de 458-569 mg/gr de potassium.

Par contre la Menthe de deux espèces présente des teneurs faibles en sodium avec une concentration de 20.40 mg/l de la région de SBA que pour la région d'Adrar avec une teneur de 16,43 mg/l qui sont faibles par rapport à la même étude qui indique une valeur de 31 mg/l

Il a été révélé à travers la documentation spécialisée une importante variabilité des teneurs en matière minérale différences sont sous l'influence de facteurs environnementaux qui caractérisent la culture du grain et de l'effet variétal du grain.

Tableau 5: Composition nutritionnelle de la Menthe verte selon Potassium et Sodium

Sels minéraux	Quantité de Potassium	Quantité de Sodium
Menthe Verte SBA	726,05 mg/l	20,40mg/l
Menthe Verte Adrar	720.34 mg/l	16,43 mg/l

Conclusion

Conclusion :

Les plantes aromatiques et médicinales sont la source de la majorité des antioxydants naturels et elles restent encore sous exploitées dans le domaine médicale et pharmaceutique, sachant que les antioxydants semblent avoir un rôle significatif dans la prévention contre les maladies, le développement de nouveaux médicaments à base d'antioxydants d'origine naturelle.

Dans le cadre de notre travail, nous nous sommes intéressés à l'étude phytochimique et le pouvoir antioxydant de deux différents extraits la Menthe de Sidi Bel Abbès et Adrar.

En premier lieu on a réalisé l'extraction des composés phénoliques par la technique de macération alcoolique à froid. De même, l'extrait obtenu a fait l'objet d'une quantification des métabolites secondaires suivi d'une évaluation de l'activité antioxydante via le test DPPH.

Nos résultats ont confirmé que l'extrait méthanolique obtenu à partir de la Menthe d'origine Adrar (22,9%) est légèrement supérieur que Menthe d'origine Sidi Bel Abbès (18,9%).

De même, Le taux en polyphénoles de la Menthe d'origine de SBA est presque similaire ($97.07 \pm 1,261$) mg EAG/g que celui d'origine d'Adrar ($96,59 \pm 2,64$) mg EAG/g.

Les résultats ont confirmé que l'extrait de Sidi Bel Abbès ($44,41 \pm 0,73$) mgEC/g est riche en Flavonoïdes comparativement de celui d'Adrar (25.80 ± 0.74) mgEC/g. Les résultats ont confirmé que l'extrait d'Adrar ($243.66 \pm 2,88$) mgEC/g est plus riche en tanins condensés comparativement de celui de Sidi Bel Abbès ($230,33 \pm 2.88$) mgEC/g .

Pour l'activité antioxydante qui a été évaluée via la capacité de piégeage de radical DPPH. Cependant, pour le piégeage du radical libre DPPH et en comparant les IC50 des différents extraits testés par rapport l'acide ascorbique, nous avons remarqué une activité antioxydante très importante.

En conclusion et d'après nos données la Menthe de la wilaya de Sidi Bel Abbès est plus riche en certains métabolites secondaires et en éléments antioxydants que celle de la wilaya d'Adrar. Il ressort de cette étude, que les résultats obtenus in-vitro constituent une première étape dans la recherche de substances naturelles biologiquement actives. Ces produits ont l'avantage d'avoir un faible coût pour des populations à faible pouvoir économique et qui de surcroît, sont très sensible à la valorisation de sa médecine traditionnelle.

Il serait toutefois intéressant de:

- Approfondir les investigations phytochimiques et biologiques de cette plante afin d'isoler les molécules responsables des activités observées, ce qui permettra d'élargir l'arsenal thérapeutique des médicaments à base de plantes.

- Réaliser des études in vivo a court et long terme pour bien cerner l'effet antioxydant.
- Faire une étude pharmacologique qui nous aidera à cibler le niveau d'action des molécules actives.

Enfin, nous recommandons une culture des plantes médicinales et alimentaires pour permettre à la population d'avoir des médicaments et des denrées alimentaires moins chers et d'éviter la disparition de certaines espèces intéressantes.

Références Bibliographiques

1. Abbas Aflatuni, « Variation in the Amount of Yield and in the Extract Composition Between Conventionally Produced and Micropropagated Peppermint and Spearmint », *Journal of Essential Oil Research*, vol. 17, no 1, January/February 2005, p. 66–70 .
2. Achat S. (2013).Polyphénols de l'alimentation : Extraction, pouvoir antioxydant et interaction avec des ions métalliques .Thèse de doctorat en CO-TUTELLE présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences, filière Biologie, Université A. MIRA-Béjaia et Ecole Doctorale 536-Avignon, p.22-25.
3. Achat S. (2013).Polyphénols de l'alimentation : Extraction, pouvoir antioxydant et interaction avec des ions métalliques .Thèse de doctorat en CO-TUTELLE présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences, filière Biologie, Université A. MIRA-Béjaia et Ecole Doctorale 536-Avignon, p.22-25.
4. Achat S. (2013).Polyphénols de l'alimentation : Extraction, pouvoir antioxydant et interaction avec des ions métalliques .Thèse de doctorat en CO-TUTELLE présentée en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences, filière Biologie, Université A. MIRA-Béjaia et Ecole Doctorale 536-Avignon, p.22-25.
5. Activities of Neutrophils and Myeloperoxidase. *International Journal of Molecular Sciences*, 13:2-32.
6. Afonso v.O., Champy R ., Mitrovic D ., Collin P .et Lomri A. (2007).Radicaux libres dérivés de l'oxygène et superoxydes dismutases : rôle dans les maladies rhumatismales .*Revue du Rhumatisme*, 74 :637-642.
7. Annaházi A., Mracskó E., Süle Z., Karg E., Penke B., Bari F. et Farkas E. (2007). Pre-treatment and post-treatment with α -tocopherol attenuates hippocampal neuronal damage in experimental cerebral hypoperfusion. *European Journal of Pharmacology*, 571 : 120–128.
8. Application en routine clinique. *Nutrition & Endocrinologie* ,23-28.
9. Article d'ifood TV en anglais sur les allergies.
10. Barouki R. (2006).Stress oxydant et vieillissement .*Médecine /Sciences*, 22: 266-272.
11. Barouki R. (2006).Stress oxydant et vieillissement .*Médecine /Sciences*, 22: 266-272.
12. Berger M. (2006).Manipulation nutritionnelle du stress oxydant : état des connaissances .*Nutrition Clinique et Métabolisme* ,20 :50-57.
13. Berger M. (2006).Manipulation nutritionnelle du stress oxydant : état des connaissances .*Nutrition Clinique et Métabolisme* ,20 :50-57.

14. Berger M. (2006). Manipulation nutritionnelle du stress oxydant : état des connaissances *.Nutrition Clinique et Métabolisme* ,20 :50-57.
15. Beuhammou N., Bekkara F., Kadifkova Panovska T. (2009). Antioxidant activity of methanolic extracts and some bioactive compounds of *Atriplex halimus*. *C. R. Chimie*, 12: 1259-1266.
16. Boizot N. et Charpentier J.P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *INRA Amélioration, Génétique et Physiologie Forestières*, 23 :79-84.
17. Boizot. N, and Charpentier J.P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Le cahier des techniques de l'Inra*. Pp 79-82. (cited in Djemai Zoue-glache S, 2008).
18. Bonnefont-Rousselot D., Peynet J., Beaudeux J.L., Thérond P., Legrand A. et Delattre J. (2002). Stress oxydant, fonctions vasculaires et athérosclérose Oxydative stress, vasculaire fonction and athéroscléroses. *Nutrition clinique et métabolisme* ,16 :163-177.
19. Boubekri C. (2014). *Etude de l'activité antioxydant des polyphénols extraits de Solanée melongena par des techniques électrochimiques*. Thèse présentée en vue de l'obtention Du diplôme de Doctorat en sciences, Spécialité Chimie, Université Mohamed Khider – Biskra, p .25-57.
20. Boubekri C. (2014). *Etude de l'activité antioxydant des polyphénols extraits de Solanée melongena par des techniques électrochimiques*. Thèse présentée en vue de l'obtention Du diplôme de Doctorat en sciences, Spécialité Chimie, Université Mohamed Khider – Biskra, p .25-57.
21. Chira K., Suh J.H., Saucier C. et Teissédre P.L. (2008). Les polyphénols du raisin *.Phytothérapie* ,6 :76-84.
22. Cillard J. et Cillard P. (2006). Mécanismes de la peroxydation lipidique et des anti-oxydations *.OCL*, 13 :24-27.
23. Cillard J. et Cillard P. (2006). Mécanismes de la peroxydation lipidique et des anti-oxydations *.OCL*, 13 :24-27.
24. E. E. Turner, M. M. Harris, *Organic Chemistry*, Longmans, Green & Co., London, 1952.
25. Grundschober, F. (1979) examen de littérature de pulegone. *Perfum. Aromaticien*, 4. 15-17.
26. *Guide de la phytothérapie*, Dr Grunwald et Janicke, Ed. Marabout, 2007 .
27. *Guide pratique d'Aromathérapie familiale et scientifique*, D. Baudoux, Ed. Inspir, 2008.

28. Haleng J., Pincemail J., Defraigne J.O., Charlier C. et Chapelle J.P. (2007). Le stress oxydant. *Rev Med Liege*; 62(10):632-641.
29. Haleng J., Pincemail J., Defraigne J.O., Charlier C. et Chapelle J.P. (2007). Le stress oxydant. *Rev Med Liege*; 62(10):632-641.
30. Handbook of Chemistry and Physics, 71e éd., CRC Press, Ann Arbor, Michigan, 1990.
31. Histoire abrégée des drogues simples, Nicolas Jean-Baptiste G. Guibourt, 1826, page 41.
32. Hopp, R., Menthol: its origins, chemistry, physiology and toxicological properties, *Rec. Adv. Tobacco Science*, Vol. 19, 3-46 (1993).
33. <http://sante.journaldesfemmes.com/temoignage/temoignage/373147/allergie-ala-menthe/> .]
<http://www.futura-sciences.com/>.
34. Julkunen-Tiitto R. (1985). Phenolic constituents in the leaves of northern willows: methods for the analysis of certain phenolics. *J. Agric. Food Chem*, 33 (2): 213-217.
35. Koechlin-Ramonatxo C. (2006). Oxygen, oxidative stress and anti oxidant supplementation, or another way for nutrition in respiratory diseases. *Nutrition Clinique ET metabolism*, 20: 165-170.
36. Lacolley P. (2007). Biologie et pathologie du coeur et des vaisseaux. *Edition John Libbey Eurotext*, p 312.
37. Laguerre M., Lopez-Giraldo L J., Lecomte J., Pina M .et Villeneuve P. (2007). Outils d'évaluation in vitro de la capacité anti-oxydante. *OCL*, 14(5) :281-284.
38. Leffingwell, J.C. & R.E. Shackelford, Laevo-Menthol - Syntheses and organoleptic properties, *Cosmetics and Perfumery*, 89(6), 69-89, 1974 .
39. D.Baudoux et A.Zhiri Ed. Inspir 2006. Les cahiers pratiques d'aromathérapie selon l'école française. Vol.2 Dermatologie. McKay DL, Blumberg JB, A review of the bioactivity and potential health benefits of peppermint tea (*Mentha piperita* L.), *Phytiatries*. 2006 Aug;20(8):619-33.
40. Médecine aromatique ou Aromathérapie, Formation professionnelle niveau 1, D.Baudoux, Ed. N.A.R.D 2009 .
41. Monographie "Plants for a future" *Mentha piperita*.
42. Natural Standard (Ed). Herbs & Supplements - Peppermint oil (*Mentha x piperita* L.), *Nature Medicine Quality Standard*. [Consulté le 12 avril 2011].
43. Phatak and Heble, 2002 Phatak, S.V.; Heble, M.R., Organogenesis and terpenoid synthesis in *Mentha arvensis*, *Fitoterapia*, 2002, 73, 32-39 ..

44. Pincemail J., Le Goff C., Charlier C., Gillion P., Cheramy-Bien J.P., Van Honacker E., Chapelle J.P. et Defraigne J.O. (2009). Evaluation biologique du stress oxydant
45. Rajeswara Rao, B.R., Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row spacings and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L.f. *piperascens* Malinv. ex Holmes), *Ind. Crops Prod.*, 2002, 16, 133-144 .
46. Sanchez, 2002) Sanchez-Moreno, C. (2002). Review: Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in food and biological systems. *Food Sci Tech Int*, 8(3): 121-137.
47. Sanchez-Moreno, C. (2002). Review: Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in food and biological systems. *Food Sci Tech Int*, 8(3): 121-137.
48. Sullivan, J.B., Rumack, B.H., Thomas, H., Peterson, R.G. et Brysch, P. (1979) empoisonnement et hepatotoxicity d'huile de Pennyroyal. *J. AM. Med. Assoc.*, 242. 2873-2874 .
49. The Merck Index, 7e éd., Merck & Co, Rahway, New Jersey, USA, 1960 .
50. Tsumbu C.N., DEBY-Dupont G., Tits M., Angenot L., Frederich M., Kohnen S., Moutithys-Mickalad A., Serateyn D. et Franck T. (2012). Polyphenol Content and Modulatory Activities of Some Tropical dietary Plant Extracts on the Oxidant Activities of Neutrophils and Myeloperoxidase. *International Journal of Molecular Sciences*, 13:2-32 .
51. Tsumbu C.N., DEBY-Dupont G., Tits M., Angenot L., Frederich M., Kohnen S., Moutithys-Mickalad A., Serateyn D. et Franck T. (2012). Polyphenol Content and Modulatory Activities of Some Tropical dietary Plant Extracts on the Oxidant Activities of Neutrophils and Myeloperoxidase. *International Journal of Molecular Sciences*, 13:2-32.
52. Tsumbu C.N., DEBY-Dupont G., Tits M., Angenot L., Frederich M., Kohnen S., Moutithys-Mickalad A., Serateyn D. et Franck T. (2012). Polyphenol Content and Modulatory Activities of Some Tropical dietary Plant Extracts on the Oxidant
53. Tsumbu C.N., DEBY-Dupont G., Tits M., Angenot L., Frederich M., Kohnen S., Moutithys-Mickalad A., Serateyn D. et Franck T. (2012). Polyphenol Content and Modulatory Activities of Some Tropical dietary Plant Extracts on the Oxidant Activities of Neutrophils and Myeloperoxidase. *International Journal of Molecular Sciences*, 13:2-32 .
54. Tsumbu C.N., DEBY-Dupont G., Tits M., Angenot L., Frederich M., Kohnen S., Moutithys-Mickalad A., Serateyn D. et Franck T. (2012). Polyphenol Content and Modulatory Activities of Some Tropical dietary Plant Extracts on the Oxidant Activities of Neutrophils and Myeloperoxidase. *International Journal of Molecular Sciences*, 13:2-32.

55. Vázquez-Fresno R, Rosana ARR, Sajed T, Onookome-Okome T, Wishart NA, Wishart DS. Herbs and Spices- Biomarkers of Intake Based on Human Intervention Studies – A Systematic Review. *Genes & Nutrition*. 2019;14: 18
56. Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem*, 64: 555-559

Annexe

Produits Chimiques Utilisés Durant les dosage

- Methanol
- Reactif de Follin Ciocalteu
- Aluminium Chloride $AlCl_3$
- Acide trichloroacetique
- Chloroforme
- Nitrite de Sodium $NaNO_2$
- Acide ascorbique
- DPPH
- Carbonate de Sodium Na_2CO_3
- Vanilline
- NaOH
- HCl
- Chlorure de Fer $FeCl_3$