

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 DE BIOLOGIE

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 de la Nutrition

Intitulé du thème :

*Caractérisation physicochimique d'un
Mélange d'épices (MelEpi) consommé dans
le nord-ouest algérien.*

Présenté par : **Mr** BOUHEND Abdenour

Mr LARABI Mohamed

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président de jury: **Mr** DIAF Mustafa (**M.C.A/** UDL/SBA)

Examineur : **Mme** AOUISSET Hannane (**Docteur/** UDL/SBA)

Promoteur : **Melle** MERAOU Asmaa (**M.C.B/** UDL/SBA)

Co-Promoteur : **Melle** BOUAWD Khawla (**Doctorant/** UDL/SBA)

Année universitaire 2019 - 2020

Session : « Septembre »

Remerciements

*Nous remercions tout d'abord **ALLAH**, le tout puissant de nous avoir accordé la santé et le courage afin de réaliser ce modeste travail.*

*Nos vifs remerciements et notre profonde gratitude particulièrement à Mme **MERAOU Asmaa** maitre conférence B au Département de Biologie de la Faculté SNV à l'Université Djilali liabes de Sidi Bel-Abbés, qui nous a encadrées depuis les premiers instants.*

*Nous tenons tout particulièrement à remercier notre co-directrice, Mme. **BOUAWD Khawla** doctorante à l'université de Djilali LIABES pour sa disponibilité, son soutien permanent, et d'avoir prêté un intérêt constant au sujet.*

*Nous exprimons nos vifs remerciements à Dr **DIAF Mustafa** maitre de conférences A au Département de Biologie de la Faculté SNV à l'Université de Djilali LIABES, qui nous fait l'honneur de présider le jury de cette soutenance.*

*Nous avons également, l'honneur et le plaisir de présenter nos profonds remerciements à Dr **AOUISSET Hannane** au Département de Biologie de la Faculté SNV à l'Université de Djilali LIABES, d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.*

Nous tenons à remercier les membres de l'équipe de laboratoire pédagogique de la Faculté des Science de la Nature et de la Vie, spécialement l'équipe du laboratoire de biochimie & immunologie et tout l'équipe du laboratoire de technologie alimentaire.

Nous tenons à remercier aussi tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Enfin, nous remercions également tous ceux qui nous ont soutenus, encouragés et rendus service au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

Dédicaces

Je dédie ce modeste mémoire

A mes chers parents qui m'ont éclairé le chemin de

La vie par leur grand soutien et leurs

Encouragements, par leur énormes sacrifices, qu'ils

M'ont consentis durant mes études et qui ont

Toujours aimé me voire réussir.

A celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse

Ma mère

A mon père, qui a été mon ombre durant

Toutes les années des études, et qui a veillé tout au

Long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.

Que Dieu les gardes et les protèges.

A mon frère Habibo et A mon

Chère binôme Abdelnour

A mes adorables sœurs et A tous mes amies.

A toute la promotion de 2ème année Master

Biochimie de la Nutrition 2020

A toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de

ce travail.

Mohamed

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*A celle qui ma éclairé le chemin de la vie, et ma comblé
d'amour, d'affection et d'encouragement pour que je deviens ce
que je suis aujourd'hui ; Ma mère.*

A ma grand-mère et son cœur gentil et affectueux,

Que Dieu la protège et lui donne une longue vie.

*A l'âme de mon grand père, école de mon enfance, qui avait toujours
souhaité ma réussite, que Dieu l'accueille dans son vaste paradis.*

*A mes chères frères, Wassim, Imed, Abdelhadi et Hakim qui
mon toujours soutenus et toujours étaient présent avec moi*

A ma fiancée Wafaa

*A mes chères tantes (Hadjla, Fatima, Om djilali, Nouna,
Mokhtaria, Badra, Amina), et mon cher oncle Djilali et sa
femme qui m'on toujours soutenus et toujours étaient
présent avec moi dans toutes ma vie.*

A mon cher binôme Mohamed

*A toute la promotion de 2^{ème} année Master Biochimie de la nutrition
2019-2020*

Abdenour

ملخص

الهدف من دراستنا هو توصيف المعلمات الفيزيائية والكيميائية لـ خليط من التوابل (محتوى الماء, محتوى الرماد ومحتوى الدهون) ، وتحديد قدرة مضادات الأكسدة ، بما في ذلك تحديد كمية المكونات النشطة ، وخاصة "المستقلبات الثانوية": الكاروتينات والعفص: قابل للتحلل بالماء والمكثف ، والآثار البيولوجية لمزيج من التوابل المستخدمة بشكل خاص في المنطقة الشمالية الغربية بالجزائر. البهارات المختارة هي الزنجبيل, الكركم, القرفة, الفلفل الأحمر والكمون. أظهرت نتائج عنو، (2017) على خليط "رأس الحانوت" ، الأقرب في تركيبته إلى خليط التوابل ، أن جرعة البوليفينول, الفلافونويد والعفص كشفت عن ثراء الكركم بالبوليفينول والفلافونويد والمحتويات العالية من العفص المكثف والتانينات القابلة للتحلل في القرفة. أقل التوابل نسبة من هذه المستقلبات هي الكزبرة للبوليفينول والفلافونويدات ، والكركم والكزبرة والكرابوية لتانينات. بالإضافة إلى ذلك ، كشفت نتائج غيلاني ، (2016) أن تحديد المستقلبات الموصوفة بعد المعالجة الحرارية للمستخلصات أظهرت أن مركبات الفلافونويد هي الأكثر مقاومة للحرارة. أتاحت النتائج التي تم الحصول عليها إبراز الدور الذي يمكن أن تلعبه هذه التوابل في الحفاظ على الغذاء والوقاية من الأمراض التي تسببها الجذور الحرة.

الكلمات الرئيسية: خليط التوابل؛ التوابل؛ المستقلب الثانوي ، المعالجة الحرارية ، التحليل الفيزيائي الكيميائي

Résumé

Le but de notre étude est de caractériser les paramètres physico-chimiques du MelEpi (Teneur en eau, taux de cendre et teneur en matière grasse), et de déterminer la capacité antioxydante dont la quantification des principes actifs « métabolites secondaires » principalement: les caroténoïdes et les tanins: hydrolysables et condensés, d'un mélange d'épices utilisées particulièrement dans la région du nord- ouest Algérien. Les épices sélectionnées sont le gingembre, curcuma, cannelle, piment rouge et le cumin. Les résultats d'Annou, (2017) sur le mélange de « Ras El-Hanout », le plus proche dans sa composition à notre MelEpi, ont prouvé que le dosage des polyphénols, des flavonoïdes et des tanins a révélé la richesse du curcuma en polyphénols et en flavonoïdes et les fortes teneurs en tanins condensés et en tanins hydrolysables dans la cannelle. Les épices les moins dotées en ces métabolites étant la coriandre pour les polyphénols et les flavonoïdes, et le curcuma, la coriandre et le carvi pour les tanins. Par ailleurs, les résultats de Ghilani, (2016) ont révélé que le dosage des métabolites décrits après le traitement thermique des extraits a témoigné que les flavonoïdes sont les plus thermostables. Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence le rôle que peut jouer ces épices dans la conservation des aliments et la prévention de maladie causées par de radicaux libre.

Mots clés : MelEpi, épice ; métabolite secondaire, traitement thermique, analyse physico-chimique.

Abstract

The aim of our study is to characterize the physico-chemical parameters of MelEpi (watercontent, ash content and fat content), and to determine the antioxidant capacity, including the quantification of the active ingredients, mainly “secondary metabolites”: carotenoids and tannins: hydrolyzable and condensed, of a mixture of spices used particularly in the north-western region of Algeria. The selected spices are ginger, turmeric, cinnamon, red pepper and cumin. The results of Annou, (2017) on the mixture of "Ras El-Hanout", the closest in its composition to our MelEpi, proved that the dosage of polyphenols, flavonoids and tannins revealed the richness of turmeric in polyphenols and flavonoids and the high contents of condensed tannins and hydrolyzable tannins in cinnamon. The spices least endowed with these metabolites being coriander for polyphenols and flavonoids, and turmeric, coriander and caraway for tannins. In addition, the results of Ghilani, (2016) revealed that the determination of the metabolites described after the heat treatment of the extracts showed that the flavonoids are the most thermostable. The results obtained have made it possible to highlight the role that these spices can play in the preservation of foods and the prevention of disease caused by free radicals.

Keywords: MelEpi, spice; secondary metabolite, heat treatment, physico-chemical analysis.

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction.....	1

Partie 01 : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les épices

1. Histoire des épices.....	3
2. Définition des épices.....	3
3. Classification et description botanique de différentes épices sélectionnées : Notion de Mel Epi.....	4
4. Domaine d'utilisation des épices.....	6
4.1 Usage culinaire.....	6
4.2 Usage médicinale.....	6
4.3 Usage cosmétique.....	7

Chapitre II : Métabolites secondaire

1- Activité antioxydant des épices.....	8
2- Définition des métabolites secondaires.....	8
3- Classification des métabolites secondaires.....	9
3.1 Les composés phénoliques.....	10
3.1.2 Structure de composés phénoliques.....	10
3.1.3 Biosynthèse de composés phénoliques.....	10
3.1.3.1 La voie de l'acide shikimique.....	10
3.1.3.2 La voie de l'acide malonique (acétate).....	12
3.1.4 Classification des composés phénoliques.....	12
3.1.4.1 Flavonoïdes.....	12
3.1.4.1 Définition.....	12
3.1.4.2 Classification des flavonoïdes.....	13
3.1.4.2 Les lignanes.....	14
3.1.4.3 Les stilbènes.....	14
3.1.4.4 Les acides phénoliques.....	14
3.1.4.5 Les coumarines.....	15
3.1.4.6 Les tanins.....	16

3.1.4.6.1 Définition.....	16
3.1.4.6.2 Classification et structure des tanins.....	16
3.1.4.6.2.1 Tannins hydrolysables.....	16
3.1.4.6.2.2 Tannins condensées.....	16
3.1.4.7 Les caroténoïdes.....	17
3.1.4.7.1 Définition.....	17
3.1.4.7.2 Classification des caroténoïdes.....	19
3.1.4.7.2.1 Hydrocarbures.....	19
3.1.4.7.2.2 Les xanthophylles.....	19
3.1.4.7.2.3 Epoxydes.....	19
3.1.4.7.2.4 Des dérivées furaniques.....	19
4- Propriétés biologiques et effet santé des polyphénols.....	19

Chapitre III : Stress oxydatif

1 Définition et origine.....	20
2 Notion de stress oxydant.....	23

Partie 02 : Partie expérimentale

Chapitre IV : Matériels et Méthodes

1 Matériel végétale.....	24
1.1 Echantillonnage.....	24
1.2. Extraction des principes actifs.....	25
2. Analyse des paramètres physico-chimiques.....	25
2.1. Détermination de la teneur en eau.....	25
2.2. Détermination de la teneur en cendre.....	26
2.3. Détermination de la teneur en matière grasse.....	27
3. Dosage des composés phénoliques.....	28
3.1 Dosage des tanins condensés (tanins catéchiqes).....	28
3.2 Dosage des tanins hydrolysables (au chlorure ferrique) (tanins galliques).....	29
3.3 Dosage des caroténoïdes.....	30

Chapitre VI : Résultats et Discussion

1. Analyse des paramètres physico-chimiques.....	31
1.1 La teneur en eau.....	31
1.2 La teneur en cendres.....	31
2. Teneur des épices en métabolites secondaires.....	32

2.1. Teneur en polyphénols totaux.....	32
2.2. Teneur en Flavonoïdes.....	34
2.2.1 Discussion.....	35
2.3. Teneurs des épices en tanins condensés et en tanins hydrolysables.....	36
2.3.1 Discussion.....	38
2.4 Effet de traitement thermique sur le contenu des épices en métabolites (GHILANE, 2016).....	38
Conclusion.....	40
Références bibliographiques	
Annexe	

Liste des tableaux

Tableau 01: Classification et description botanique des épices sélectionnées	4
Tableau 02: Effets biologiques des principales épices (Keith, 2006).	7
Tableau 03: Principales classes des flavonoïdes	13
Tableau 04: Principaux acides hydroxybenzoïques	15
Tableau 05 : Principaux acides hydroxycinnamiques	15
Tableau 06: Principales espèces radicalaires impliquées dans le stress oxydant	20

Liste des figures

Figure 01 : Représentation simplifiée des principales voies de biosynthèse des métabolites secondaires et de leurs relations avec le métabolisme primaire	09
Figure 02 : Structure de base des polyphénols.	
Figure 03: Structure des polyphénols.	10
Figure 04 : Structure de base des flavonoïdes	11
Figure 05 : Structure générales du composé des tanins.	12
Figure 06 : Structure des 4 caroténoïdes majeurs de l'alimentation humaine.	17
Figure 07. Principaux sites cellulaires de production des ERO	18
Figure 08. Balance d'équilibre entre les systèmes pro et antioxydants	22
Figure 09 : Mélanges d'épices.	22
Figure 10 : La chauffe Ballon.	24
Figure 11 : Le rota vapeur.	25
Figure 12 : L'étuve.	25
Figure 13 : Le dessiccateur.	26
Figure 14: L'appareil de SOXHLET.	26
Figure 15 : Taux d'humidité et de la matière sèche	27
Figure 16 : teneur en matière minérale et matière organique.	31
Figure 17: Teneur des épices étudiées et leurs mélanges en polyphénols.	32
Figure 18 : Teneurs des épices e t leurs mélanges en flavonoïdes	33
Figure 19 : Teneur des épices en tanins condensés et en tanins hydrolysables	35
	37

Liste des abréviations

MelEpi : mélanges d'épices

PPMA : plantes à parfum, aromatiques et médicinales

ESA : Association européenne des épices

CO₂ : dioxyde de carbone

3PGA : 3 phosphoglycérate

OH : hydroxyle phénolique

UV : rayonnement ultra violet

OCH₃ : acide phénolique

ERO : Espèces réactives de l'oxygène

ROS : Réactive oxygen species

NADPH : oxydase membranaire

NO : monoxyde d'azote

H₂O₂ : peroxyde d'hydrogène

H% : le taux d'humidité ou la teneur en eau

Tc% : la teneur en cendres (%).

MG% : le taux de la matière grasse

K₃Fe(CN)₆ : solution de ferricyanure de potassium

TCA : trichlororacétique

FeCl₃ : trichlorure de fer

DO : densité optique

T% : pourcentage du taux des tanins condensés et hydrolysable par rapport à la matière sèche.

UV-VIS : Appareil spectrophotomètre Shimadzu Scientific Instruments

RPM : rotations par minute

EAG/gES : Equivalent Acide Gallique par gramme d'extrait sec

mg/gES : milligramme par gramme d'Extrait Sèche.

EQ/gES : Equivalent quercétine par gramme d'extrait sec

EC/g ES : Equivalent cyanidine par gramme d'extrait sec

P : poids

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, l'Homme vit côte à côte avec les plantes, médicinales, aromatiques, épices, et autres. Il est habitué de les consommer pour leurs propriétés médicinales et nutritives (Armand, 2009). Cependant, ces dernières années, il a été observé un intérêt croissant des chercheurs scientifiques pour l'étude des propriétés biologiques des plantes et des principes actifs responsables pour leurs effets thérapeutiques.

De plus, les plantes aromatiques et médicinales jouent un rôle économique considérable dans le secteur des industries de l'agroalimentaire, de la parfumerie, des cosmétiques, et de la pharmacie. (Bruneton, 1999 ; Da Cruz-Cabral, 2013)

Provenant du mot latin « spices » signifiant tout simplement espèce ou substance, les épices sont des parties de plantes aromatiques à la saveur forte ou des préparations, notamment des mélanges faits à partir de ces plantes, utilisées en petite quantité en cuisine et servant à l'assaisonnement des mets. Elles sont destinées à relever, parfumer, conserver et colorer tout en procurant une saveur particulière (Alix, 2012; Carole, 2011). Les épices sont généralement composés de fibres, hydrates de carbone, protéines, gomme, cendres, substances aromatiques volatiles (huiles essentielles) et non volatiles. Ces composants répandent à chaque épice des caractéristiques organoleptiques et thérapeutiques particulières (Raghavan et al., 2007).

Une des originalités majeures des végétaux réside dans leur capacité à produire des substances naturelles très diversifiées. En effet, à côté des métabolites primaires, ils accumulent fréquemment des métabolites dits secondaires (Groff et Gropper, 2000), Classés selon leur appartenance chimique en composés phénoliques, alcaloïdes et terpénoïdes... Ces molécules sont très exploités par l'Homme dans les différents domaines, culinaires, agricole et médicinale comme antibiotiques, antioxydant, vitamines.....etc. (Hertog et al., 1993 ; Boudjouref, 2011).

Dans la continuité de l'axe de recherche relatif à la valorisation du potentiel aromatique culinaire et médicinal des épices, nous nous sommes intéressés à l'étude de certains épices qui font partie du mélange de « Mel épi », largement rentré dans la gastronomie Algérienne. Les épices sélectionnées sont, *Zingiber officinale* (gingembre), *Capsicum frutescens* (Piment rouge), *Curcuma longa* (curcuma), *Cinnamomum cassia* (cannelle), et *Cuminum cyminum* (cumin).

L'objectif de la présente étude est de caractériser les paramètres physico-chimiques du Mel Epi (Teneur en eau, taux de cendre et teneur en matière grasse), et de déterminer la capacité antioxydante dont la quantification des principes actifs « métabolites secondaires » principalement: les caroténoïdes et les tannins: hydrolysables et condensées, et les effets biologiques d'un mélange d'épices utilisées particulièrement dans la région du nord-ouest Algérien.

Le présent manuscrit, s'articule autour de deux parties :

La première consiste en une revue bibliographique dans laquelle sont détaillés les chapitres suivants : généralités sur les épices, les métabolites secondaires et le stress oxydatif.

La deuxième partie est une étude expérimentale, qui illustre le matériel et méthodes utilisées, les résultats obtenus avec leurs discussions, et une conclusion tiré de ce travail avec les futures perspectives.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1. Généralités sur les épices

1-1 Histoire des épices

Durant l'Antiquité, en Mésopotamie, les nations Assyriennes et Babyloniennes connaissaient déjà les différentes vertus des épices, que ce soit pour leurs vertus gustatives, leurs propriétés médicinales et leur utilité en parfumerie.

Le commerce des épices était alors comparable en importance à celui de l'or ou des pierres précieuses, (Droniou Cassaro et al., 2012). Ce sont les marchands arabes qui, les premiers, ont rapporté des épices de Chine et d'Inde vers l'Occident. (Raghavan, 2007). Par ailleurs, les civilisations préalables, telles que les Indiens, les peuples du Moyen-Orient et les Chinois, utilisaient les épices depuis des temps immémoriaux (Raghavan., 2007). Il se trouve un certain nombre des épices et les arômes appliqués aujourd'hui viennent de l'hémisphère occidental (Raghavan., 2007). Des poivrons chiliens ont été détectés au Mexique depuis 7000 ans av. J.-C., lors de fouilles archéologiques (Raghavan., 2007).

En fait, l'Inde est la source d'origine des épices très populaire à l'heure actuelle. En effet, la civilisation d'Harappa (Nord d' Inde) est la première qui utilise les épices depuis 3200 av. J.-C (Raghavan., 2007).

Jusqu'au 18ème siècle, l'utilisation des épices prenaient une importance dans la cuisine pour la classe riche (Raghavan., 2007). Cette importance résultait à leur goût fort et également leur rôle dans la conservation de la viande. Le prix des épices était alors très élevé.

1-2 Définition des épices

Ce sont des substances aromatiques et végétales servant à la préparation de remèdes, à l'assaisonnement des mets ou à la conservation des aliments. Larousse (édition 2012). Elles appartiennent à la famille des plantes à parfum, aromatiques et médicinales (PPAM). (Alix L-D et al., 2012)

En revanche, selon l'association européenne des épices (ESA), les épices et herbes culinaires peuvent être définis comme des «parties comestibles de plantes traditionnellement ajoutés aux denrées alimentaires pour leurs propriétés aromatisants, aromatiques et / ou visuelles naturelles » (Baiba et al., 2018). En fait, les épices et les herbes sont extraites de diverses parties des plantes, telles que les racines, les feuilles, les fleurs, les graines et l'écorce, qui ont une grande valeur sensorielle malgré leur faible valeur nutritive. Elles contiennent des substances organiques volatiles, souvent appelées arômes. Ces substances organiques appartiennent à des groupes chimiques tels que les alcools ou les aldéhydes et stimulent les perceptions olfactives et gustatives. (Wilfred A ; Ralph A 2006).

Le célèbre auteur d'épices Rosengarten décrit une épice comme un produit qui enrichit ou modifie la qualité d'une chose, par exemple en modifiant le goût d'un aliment pour lui donner du zeste ou goût piquant; un arôme piquant ou durable; ou un goût (Peter, 2001). En effet, plusieurs épices végétales sont largement utilisées dans la nutrition humaine y compris le curcuma, la cannelle, le poivron rouge, le poivre noir, le cumin et la menthe séchée. Ces épices sont également utilisées comme arômes pour ajouter de la couleur et du goût aux aliments, ainsi que pour leurs nombreux avantages dans le domaine de la santé. En revanche,

souvent le consommateur préfère un mélange d'épices appelé Raç Elhanut "essence" du magasin. Il est composé de plusieurs épices selon les besoins (Gast, 2011).

1-3 Classification et description botanique de différentes épices sélectionnées : Notion de MelEpi

Les épices sélectionnées font parties d'un mélange de plantes médicinales (Mel EPI) qui signifie : mélange d'épices, largement rentré dans la gastronomie de l'Ouest Algérien, provenant de chez les vendeurs d'épices dans la wilaya de Sidi Bel-Abbés. Les épices sélectionnées sont : Curcuma (*Curcuma longa*), piment rouge, gingembre, cannelle et le cumin, sont retenus après une enquête réalisées auprès de la population de la région ouest d'Algérie et qui compte une centaine de ménages durant l'année 2019.

Tableau 01: Classification et description botanique des épices sélectionnées

Les épices	Classification	Description Botanique
<p>Curcuma</p> 	<p>Règne : plantae Classe : monocotylédones Ordre : zingibérales Famille: Zingiberaceae Genre : <i>Curcuma</i> Espèce: <i>Curcuma longa</i> (Hombourger et al., 2010)</p>	<p>Le curcuma est une épice originaire du sud-est de l'Asie, c'est une plante herbacée, vivace pouvant atteindre un mètre de hauteur (Araujo; Leon et al., 2001). Le rhizome donne naissance à une tige portant à la base des gaines foliaires et de très grandes feuilles ; les rhizomes secondaires pouvant atteindre 15 mm d'épaisseur. Ces rhizomes qui représente la partie consommée, à odeur spécifique, aromatique et épicée et à saveur Chaude, âpre mais aromatique (Duvoix et al., 2005).</p>
<p>Piment rouge</p> 	<p>Règne : Plantae Division : Magnoliophyta. Classe : Magnoliopsida. Ordre : Solanales. Famille : Solanacées. Genre : Capsicum. Espèce: <i>Capsicum annuum</i> L. (Cronquist et al., 1981)</p>	<p>Le piment est une plante dicotylédone qui appartient à la famille des solanacées, c'est plante gousse plus au moins charnue qui contient de nombreuses graines dans sa cavité intérieure. Ils poussent sur des plants qui peuvent atteindre environ 1.5 mètres de hauteur. Il existe près de 10 espèces de piments qui se présentent sous des formes, tailles, couleurs et saveurs différentes (Bernieret al., 2004).</p>

<p style="text-align: center;">Gingembre</p> 	<p>Règne : plantae Classe : Monocotylédones Sous Classe : Zingibérideae Ordre : Zingiberales Famille: Zingibéraceae Genre : <i>Zingiber</i> Espèce: <i>Zingiber officinale</i> (Gigon. F et al., 2012)</p>	<p>Le gingembre est une plante vivace tropicale herbacée. Poussant dans les régions ensoleillées et humides, se dressant sur une tige de 1.50 m en moyenne, ses feuilles persistantes sont longues et odorantes, ses fleurs sont blanches et jaunes, le rhizome d'un aspect fibreuse, granuleuse, beige pâle et sa chaire est jaune pâle juteuse. L'odeur est aromatique avec une saveur chaude et piquante (Gigon et al., 2012).</p>
<p style="text-align: center;">Cannelle</p> 	<p>Règne : plantae Division: Magnoliophyta Classe : Magnoliopsida Ordre : Magnoliales Famille: Lauraceae Genre : <i>Cinnamomum</i> Espèce: <i>Cinnamomum cassia</i> (Araar et al., 2009)</p>	<p>La cannelle est la plus ancienne des épices connues, originaire du Sri-Lanka ou de Birmanie. Elle est issue du cannelier, arbre de 10 à 15m à l'état sauvage, ses feuilles sont simples et en hélice, les fleurs sont blanchâtres, régulières à six pétales et se présentent en grappes très ramifiées, les fruites se présentent en forme des baies. L'écorce intérieure du cannelier qui représente la partie consommée comme épice, se présente sous forme de petits tubes. Leur parfum est plus fort, piquant et moins sucré (Vangalapati et al., 2012).</p>
<p style="text-align: center;">Cumin</p> 	<p>Règne : Plantae Division: Magnoliophyta Classe: Equisetopsida Ordre: Apiales Famille: Apiaceae Genre: <i>Cuminum</i> Espèce: <i>Cuminum cyminum</i> L. (Quezel ; Santa et al., 1963).</p>	<p>Le cumin est une petite plante herbacée annuelle prend son origine en Orient, d'une hauteur de 30 cm, à feuilles parfumées, finement divisées, ombelles de petites fleurs blanches ou roses (Bremness et al., 2002). Les graines fusiformes représentent la partie consommée comme épice, velu, strié variant du vert au gris-brun, d'une odeur aromatique et un goût épicé et amer (Vican et al., 2001).</p>

1-4 Domaines d'utilisation des épices

Les épices ont de nombreuses utilisations. Elles sont employées, soit sous leur forme naturelle comme condiment et en pharmacopée traditionnelle, soit par leurs extraits renfermant des principes actifs recherchés dans l'industrie pharmaceutique, cosmétique et alimentaire (Bahorunet al., 1997).

1-4-1 Usage culinaire :

Les épices peuvent être utilisées seules ou sous forme d'un mélange. Parmi ces mélanges on mentionne, le « curry », caractéristique de la cuisine Indienne (Bahorun et al., 1997 ; Losange, 2005), les « cinq-épices », dit aussi « cinq-parfums », ce mélange chinois est très odorant et délicat et « Ras el Hanout » qui est un mélange d'épices originaire d'Afrique du Nord, signifie littéralement « tête de la boutique » montrant que c'est un produit noble et trop demandé (Patrick et al., 2006).

Les épices sont utilisées comme aromates, essentiellement végétales, pour l'assaisonnement, la coloration et la conservation des aliments ou des boissons, certaines épices sont aussi utilisées comme suppléments diététiques, et certaines épices doivent être ajoutées en début de cuisson, d'autres ne doivent pas cuire, elles sous peine de perdre toutes leurs qualités. En règle générale, il faut ajouter les épices aux trois quarts de la cuisson (Beraoud et al., 1990).

1-4-2 Usage médicinale :

Les épices sont reconnues être des sources d'antioxydants naturels qui peuvent protéger contre le stress oxydatif et donc jouer un rôle important dans la chimio prévention des maladies résultant de la peroxydation des lipides (Przygodzka et al., 2014), Selon la littérature, les poly-phénols sont des supports majeurs de l'activité antioxydante. Cette activité est directement liée à la structure phénolique qui confère à la molécule la capacité de générer des radicaux libres stabilisés par résonance (Yordi et al., 2012). Certaines épices retiennent particulièrement l'attention des chercheurs, c'est le cas par exemple du curcuma, de la cannelle, et du gingembre. Grâce à leur extraordinaire richesse en métabolites secondaires, ces épices sont de plus en plus considérées comme des remèdes d'avenir pour lutter contre les maladies cardiovasculaires, certains cancers, et bien d'autres maladies liées au vieillissement (Alix et al., 2012).

Le cumin est utilisé largement dans la médecine ayurvédique (l'ancienne médecine indienne), pour le traitement de la dyspepsie, la diarrhée et de l'ictère. Le gingembre est également employé comme agent stomachique, tonique et dans le traitement des gastrites, des dyspepsies et l'inappétence, il augmente le flux salivaire et le tonus de la musculature intestinale (Wichtl ; Anton 2003). En outre, il est connu pour avoir des propriétés anti-oxydantes, diurétique, astringentes et hypoglycémiantes (Dhandapani et al., 2002). De plus de leurs effets favorables sur la digestion, les épices, du fait de leur richesse en poly-phénols, ont un pouvoir anti-inflammatoires antiagrégant, anticancéreux, anti-infectieux, et antihelminthiques (Tableau: 02). (Pélissier et al., 2012)

Tableau 02 : Effets biologiques des principales épices (Keith, 2006).

Effet biologique	Epices et herbes aromatiques
Antioxydant	Toutes les épices, mais plus particulièrement : cannelle, clou de girofle, ail, gingembre, citronnelle, mélisse, origan, menthe poivrée, sauge, thym, piment.
Anti-cancer	Anis, basilic, poivre noir, carvi, clou de girofle, fenouil, ail, gingembre, thé vert, moutarde, romarin, soja, curcuma.
Contrôle des lipides sanguins	Câpre, cannelle, agrumes, coriandre, fenugrec, ail, gingembre, origan, romarin, soja, anis étoilé, thym.
Fluidifiant sanguin Contrôle de la glycémie	Câpre, cannelle, coriandre, fenugrec, ail, gingembre. Cannelle, gingembre, origan, romarin, thym.
Anti-inflammatoire	Feuille de laurier poivre noir, ail, gingembre, thé vert, origan, romarin, thym, curcuma.
Antibactérien	Toutes les épices, mais plus particulièrement : anis, basilic, feuille de laurier, poivre noir, piment doux, cardamome, céleri, cannelle, clou de girofle, coriandre, cumin, aneth, fenouil, ail, gingembre, mélisse, marjolaine, menthe, moutarde, noix de muscade, origan, persil, romarin, sauge, estragon, thym.
Immuno-modulateur	Poivre noir, ail.
Neutralisation de toxines	Carvi, coriandre, ail, thé vert, moutarde, romarin, curcuma.
Hépatoprotecteur	Curcuma.
Digestive	Anis, fenouil, carvi, basilic, cardamome, mélisse, thym, gingembre, estragon.
Anti-inflammatoire	Le piment utilisé en cataplasme pour traiter certaines inflammations rhumatismales (ne pas utiliser sur une plaie).

1-4-3 Usage cosmétique :

Les épices et les herbes sont utilisés depuis longtemps non seulement comme arômes des aliments, mais aussi comme produits de cosmétiques (ex. le curcuma) (Julia, 2016) et parfums Opium d'Yves Saint Laurent (1977), parfum oriental envoûté par le clou de girofle et la noix de muscade (Giron, 2013). Ces essences servent à préserver ces cosmétiques grâce à leur activité antiseptique tout en leur assurant leur odeur agréable. Les huiles essentielles de la cannelle et du clou de girofle rentrent largement dans la fabrication des dentifrices (Sophie, 2006). Une épice excellente aussi bien pour la peau que pour les cheveux, et permet de purifier les peaux à imperfection et d'apaiser les peaux sensibles. (Juliette Pouyat et al., 2013).

Chapitre II. Métabolites secondaires

1- Activité antioxydante des épices

Les épices ou les produits végétaux aromatiques sont utilisés dans les aliments et les sauces cuits ou semi-cuits. Les principes des épices tels que la curcumine et la cassisine inhibent l'oxydation des huiles et des graisses. Les principes efficaces des épices tels que l'eugénol (clou de girofle), le linalinol (coriandre), la biparine (poivre noir), le zingers (gingembre) (Shobana et Naidu, 2000) et le quinaldéhyde (cumin) ont été rapportés pour inhiber la peroxydation des lipides. Les épices sont généralement ajoutées comme agents d'assaisonnement pour les préparations alimentaires (Shobana et Naidu, 2000).

2-Définition des métabolites secondaires

Biochimiquement, les composés produits par les plantes sont séparés en métabolites primaires et secondaires (Raven et al., 2003). Les métabolites primaires, glucides, lipides, acides aminés et acides nucléiques sont des molécules organiques qui se trouvent dans toutes les cellules de l'organisme d'une plante pour y assurer sa survie. Par contre, les métabolites secondaires ont une répartition limitée, dans la plante elle-même comme parmi les différentes espèces de végétaux. Elles sont typiquement produites dans un organe, tissu ou type cellulaire spécifique à des stades particuliers du développement, en faible quantité et sont emmagasinés surtout dans les vacuoles (Raven et al., 2003).

Les métabolites secondaires sont des composés de faible masse moléculaire (<1000 Da généralement) qui ne jouent pas un rôle fondamental pour les plantes comme les métabolites primaires, mais qui sont impliqués dans l'adaptation des plantes à leur environnement, notamment dans les interactions biotiques (Ramakrishna et Ravishankar 2011 ; Naik et al-Khayri 2016). Une grande variété de métabolites secondaires est synthétisée par les plantes supérieures à partir des métabolites primaires (par exemple carbohydrates, lipides et acide aminés) et sont le résultat d'une coévolution entre les plantes et leur environnement biotique.

Connus comme principes actifs pour la production de médicaments, d'additifs alimentaires et d'arômes, ou de parfums, ils contribuent notamment à la formation des odeurs et des couleurs chez les plantes (Ramakrishna et Ravishankar 2011; Murthy et al., 2014). Leur rôle dans la croissance et le développement des plantes est de plus en plus étudié, notamment afin d'améliorer les techniques de culture. Ils pourraient par exemple fournir aux plantes des

avantages dans la survie en les protégeant des stress biotiques ou abiotiques, en améliorant la disponibilité des éléments nutritifs, en agissant comme mécanisme de défense métabolique, ou en améliorant les interactions compétitives avec d'autres organismes (Breitling et al., 2013).

3-Classification des métabolites secondaires

On peut classer les métabolites secondaires en plusieurs grands groupes, qui sont très inégalement réparties chez les végétaux (Macheix et al., 2005). Ces composés sont très nombreux et variés, et certains sont largement répandus, comme les alcaloïdes, les terpènes et les composés phénoliques) (figure : 01), tandis que d'autres ont une répartition plus restreinte comme les composés soufrés (Najjaa et al., 2011). Chacune de ces classes renferme une très grande diversité de composés qui possèdent une très large gamme d'activités en biologie humaine. Ces classes sont présentées ci-après

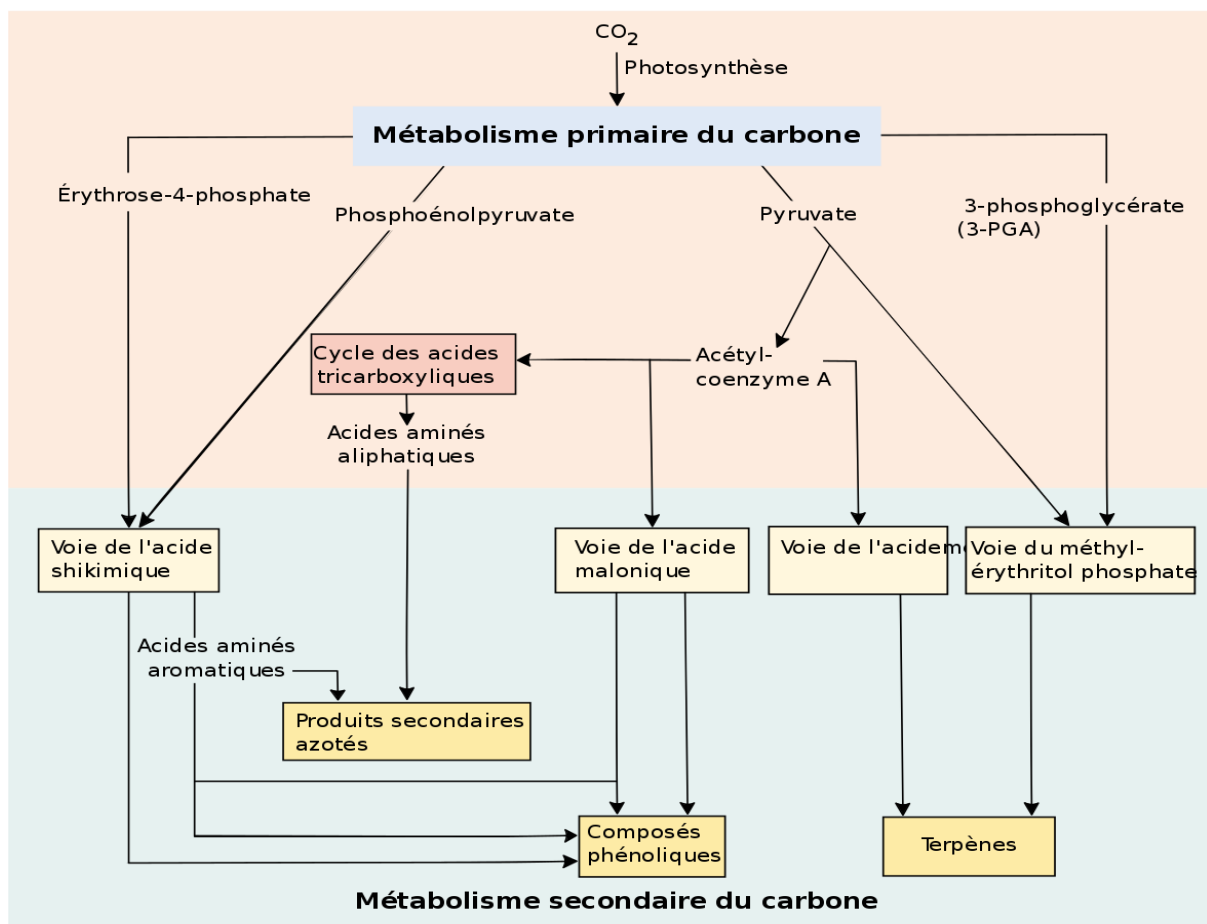


Figure 01 : Représentation simplifiée des principales voies de biosynthèse des métabolites secondaires et de leurs relations avec le métabolisme primaire (Taizet ; Zeiger, 2010)

3-1 Les composés phénoliques

Comme définition, nous pouvons dire que les polyphénols sont des composés phénoliques hydrosolubles, de poids moléculaire compris entre 500 et 3000 Dalton, et ayant, outre les propriétés habituelle des phénols, la capacité de précipité les alcaloïdes, la gélatine et autre protéines (Dangles et al., 1992 ; Sarni-Manchado et Cheynier 2006). Les composés phénoliques sont largement distribués. Ces corps jouent un rôle fondamental, car sont des éléments importants de qualités sensorielles (caractères organoleptiques) et nutritionnelles des végétaux. Une alimentation équilibrée fournit à l'Homme environ un gramme de polyphénols chaque jour (Scalbertetal, 2005 ; Nkhili, 2009)

3-1-2 Structure de composés phénoliques

Selon leurs caractéristiques structurales, les polyphénols se répartissent en une dizaine de classes chimiques, qui présentent toutes un point commun: la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique (benzénique) à 6 carbones, qui porte un nombre variable de fonctions hydroxyles (OH) (figure : 02 et 03). (Hennebelleet al., 2004 ; Macheixet al., 2005)

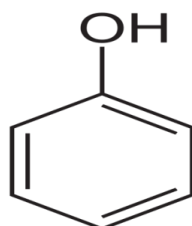


Figure 02 : Structure de base des polyphénols

3-1-3 Biosynthèse de composés phénoliques :

3-1-3-1 La voie de l'acide shikimique

Dans la voie de l'acide shikimique, l'érythrose 4-phosphate et le phosphoénol pyruvate, sont produits par les hydrates de carbones, lors de leur dégradation, par la voie des pentoses phosphate et la glycolyse respectivement. Ces derniers sont à l'origine des composés phénoliques C6-C1 formant les tannins hydrolysables, et de la chalcone qui est la molécule de base de tous les flavonoïdes et tannins condensés (Haslam, 1994; Dewick, 1995). Aussi, il est intéressant de préciser que la tyrosine et la phénylalanine dérivent de cette voie métabolique. En effet, ces deux acides aminés sont des intermédiaires métaboliques entre l'acide shikimique et l'acide cinnamique (figure : 03). (Bruneton, 1993)

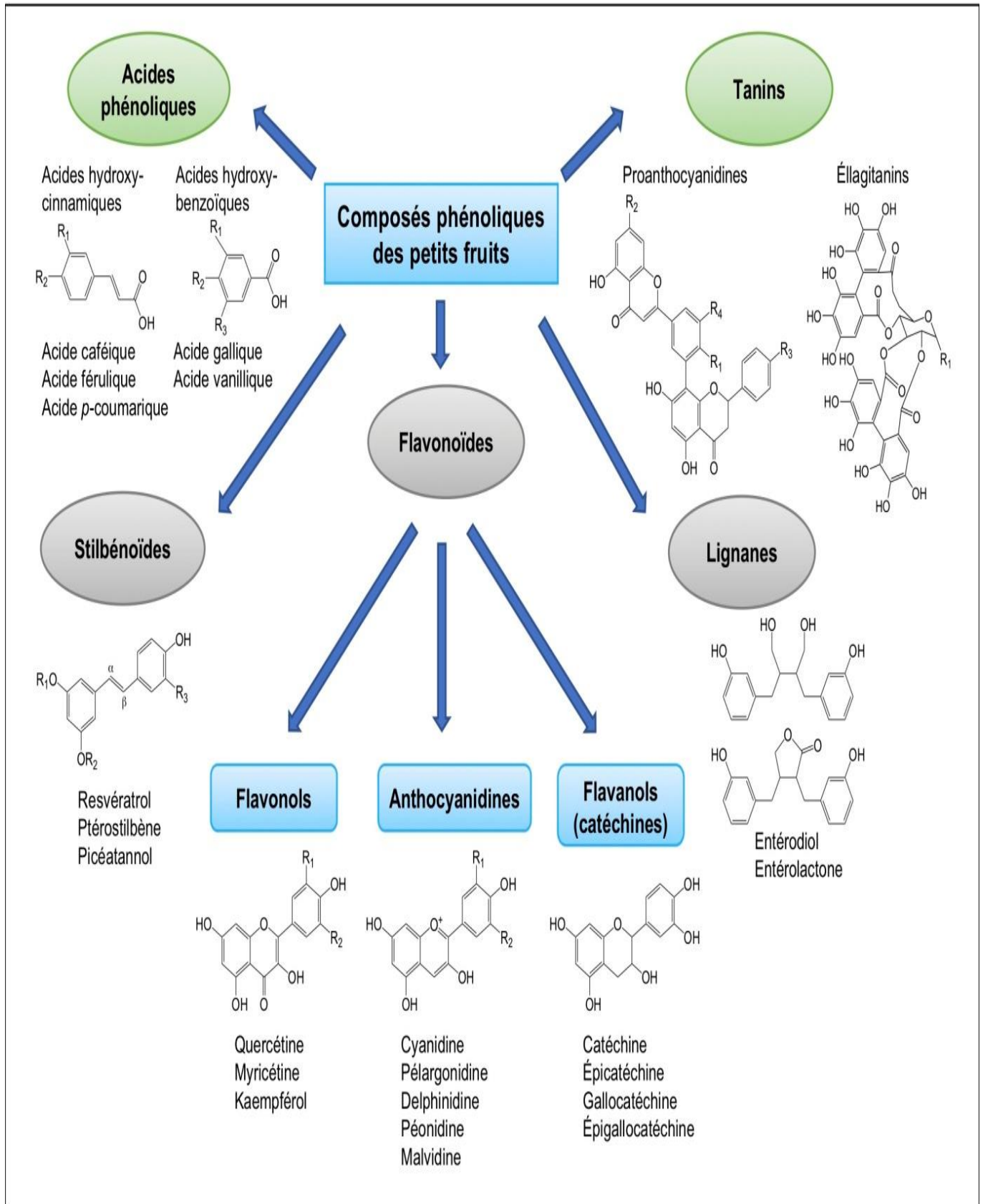


Figure 03: Classification et structure chimique des composés phénoliques. (Parades-López et coll, 2010 ; Nile et Park, 2014)

3-1-3-2 La voie de l'acide malonique (acétate)

L'acide malonique est issu de la glycolyse et de la β -oxydation, qui ont comme conséquence la formation de l'acétyl CoA. Les chaînes polycétoniques obtenues par condensation répétée d'unités «Acétate» subissent à la cyclisation via la voie de l'acide malonique. Conduisant à la formation de l'intermédiaire polyéthylcétone, qui donne avec l'acide cinnamiques les chalcones, puis les flavonoïdes, les anthocyanes et les tannins condensés (figure : 03) (Fleeger et Flipse, 1964 ; Richter, 1993).

3-1-4 Classification des composés phénoliques

3-1-4-1 Flavonoïdes

3-1-4-1-1 Définition

Ils constituent le plus large groupe des phénols dans la plante. Ces pigments sont responsables de la coloration des fleurs, des fruits et des feuilles aussi sont susceptibles d'assurer la protection des tissus contre les effets nocifs du rayonnement UV (Hadi, 2004). Étant de distribution ubiquitaire au sein des végétaux, les flavonoïdes pourraient être à l'origine des vertus préventives et curatives de plusieurs plantes médicinales (Bruneton, 1999).

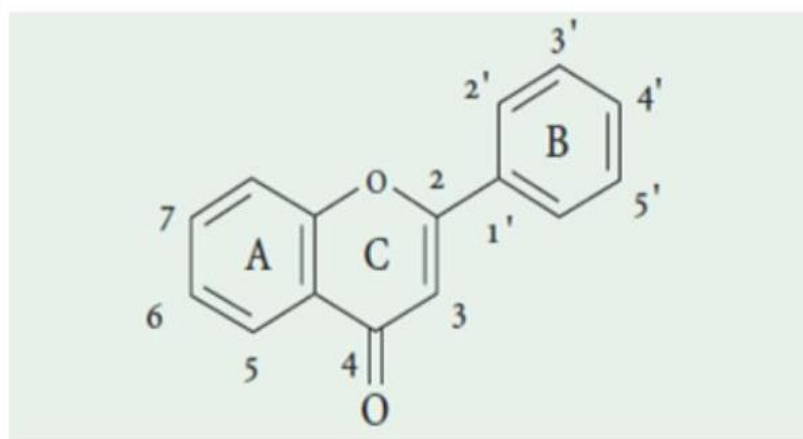
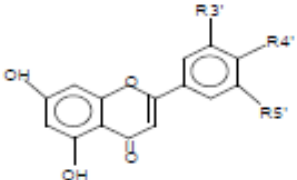
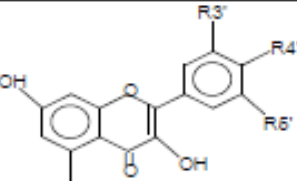
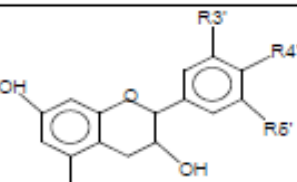
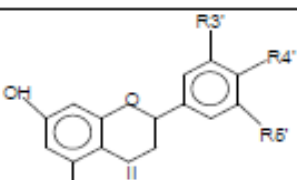
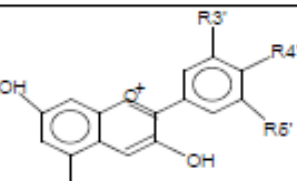
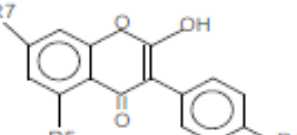


Figure 04: Structure de base des flavonoïdes (Heim et al., 2002).

3-1-4-1-2 Classification des flavonoïdes

Tableau 03: Principales classes des flavonoïdes (Narayana et al., 2001;W-Erdman et al., 2007)

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

3-1-4-2 Les lignanes :

Classe importante de métabolites largement représentés dans le règne végétale, les lignanes sont dimères d'unités phényl-propane (C6-C3) associées par le carbone central de leur chaîne aliphatique latérale (carbone β). (Marouf, A ; Reynaud. J, 2007)

3-1-4-3 Les stilbènes :

Les Stilbènes sont des composés phénoliques contenant au minimum deux noyaux aromatiques reliés par un double liaison, dont la structure est C6-C2-C6 comme les flavonoïdes, formant un système conjugué. Cette particularité leur confère une grande réactivité due à la résonance des électrons sur la totalité de la molécule. Les stilbènes sont des phytoalexines, composés produits par les plantes en réponse à l'attaque par les microbes pathogènes fongiques, bactériens et viraux. Les sources principales des stilbènes sont les raisins, le soja et les arachides (Crozier et al., 2006).

3-1-4-4 Les acides phénoliques :

Ces composés sont dérivés de deux sous-groupes distingués : Les acides hydroxycinnamiques, dont les plus abondants sont l'acide caféique, l'acide férulique, l'acide chlorogénique, et les acides hydroxybenzoïque, mais les plus répandus sont l'acide salicylique et l'acide gallique. Sont contenus dans un certain nombre de plantes agricoles et médicinales. Et présents chez toutes les céréales. Ils sont considérés comme substances phytochimiques avec des effets prébiotique, antioxydant, de chélation et anti-inflammatoire. Leur toxicité est très faible car ils sont considérés non toxiques. Les mieux caractérisés pharmacologiquement, sont l'acide caféique et l'acide férulique qui montrent l'effet anticancéreux au niveau des poumons chez les souris, alors que l'acide gallique agit par le même effet en prévenant le déclenchement du cancer oesophagien chez les rats (Laraoui, 2007).

Tableau 04: Principaux acides hydroxybenzoïques (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006)

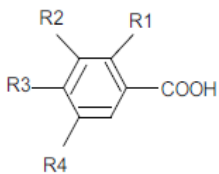
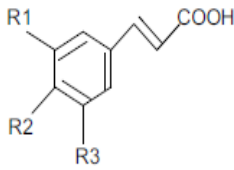
Structure	R1	R2	R3	R4	Acides phénoliques
	H	H	H	H	Acide benzoïque
	H	H	OH	H	Acide p hydroxy benzoïque
	H	OH	OH	H	Acide protocatechique
	H	OCH3	OH	H	Acide vanillique
	H	OH	OH	OH	Acide gallique
	H	OCH3	OH	OCH3	Acide syringique
	OH	H	H	H	Acide salicylique
	OH	H	H	OH	Acide gentisique

Tableau 05 : Principaux acides hydroxycinnamiques (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006)

Structure	R1	R2	R3	Acides phénoliques
	H	H	H	Acide cinnamique
	H	OH	H	Acide p coumarique
	OH	OH	H	Acide caféique
	OCH3	OH	H	Acide férulique
	OCH3	OH	OCH3	Acide sinapique

3-1-4-5 Les coumarines

Les coumarines constituent une classe importante des produits naturels répandus dans tout le règne végétal. Ces composés manifestent beaucoup d'activités biologiques, telles que l'activité antifongique, anti-tumorale, antivirale, anti-inflammatoire, diurétique et analgésique (Maged, 2003), ils empêchent d'une manière sélective la croissance des cellules cancéreuses (Reddy et al., 2005).

3-1-4-6 Les tanins

3-1-4-6-1 Définition

Les tanins sont des polyphénols polaires, astringents solubles dans l'eau, du poids moléculaires compris entre 500 et 3000 Dalton. Ils sont caractérisés par leur capacité antioxydante et leur propriété thérapeutique, ils peuvent former des complexes insolubles lorsqu'ils sont associés aux glucides, aux protéines et aux enzymes digestives, réduisant ainsi la digestibilité des aliments, et peuvent être liés à la cellulose et aux nombreux éléments minéraux (Alkurd et al. 2008). Les tanins sont des polyphénols fortement hydroxylés (Alkurd et al., 2008), avec des structures complexes, distinguées par leurs centres asymétriques et leur degré d'oxydation (Hemingway, 1992).

Les tanins peuvent avoir un effet positif sur la réduction de la nourriture consommée (Reese et al., 1982) et un effet toxique causé principalement par les tanins hydrolysables, par contre les tanins condensés sont beaucoup moins toxiques car ils ne traversent pas la barrière intestinale (Biaye, 2002).

3-1-4-6-2 Classification et structure des tanins

On distingue deux grands groupes de tanins, différents à la fois par leur réactivité chimique et par leur composition :

3-1-4-6-2-1 Tannins hydrolysables

Les tanins hydrolysables sont caractérisés par le fait qu'ils peuvent être dégradés par hydrolyse chimique (alcaline ou acide) ou enzymatique. Ce sont des esters d'oses et d'acides phénoliques (acides gallique ou ellagique). Ils incluent les gallotannins et les ellagitannins. La variation structurelle entre les différentes molécules est causée par la nature du couplage oxydatif entre les unités d'acide gallique ou par l'oxydation des noyaux aromatiques (Harvey. M, 2001).

3-1-4-6-2-2 Tannins condensés

Contrairement aux tanins hydrolysables, ils sont résistants à l'hydrolyse et seules des attaques chimiques fortes permettant de les dégrader (Dixon *et al.*, 2005). Par la formation de complexes avec les protéines, les tanins condensés sont responsables du caractère astringent

des fruits et des boissons ainsi que de l'amertume du chocolat. Certains effets physiologiques chez l'animal (croissance) sont dus également à ces interactions (Cosme et al., 2008).

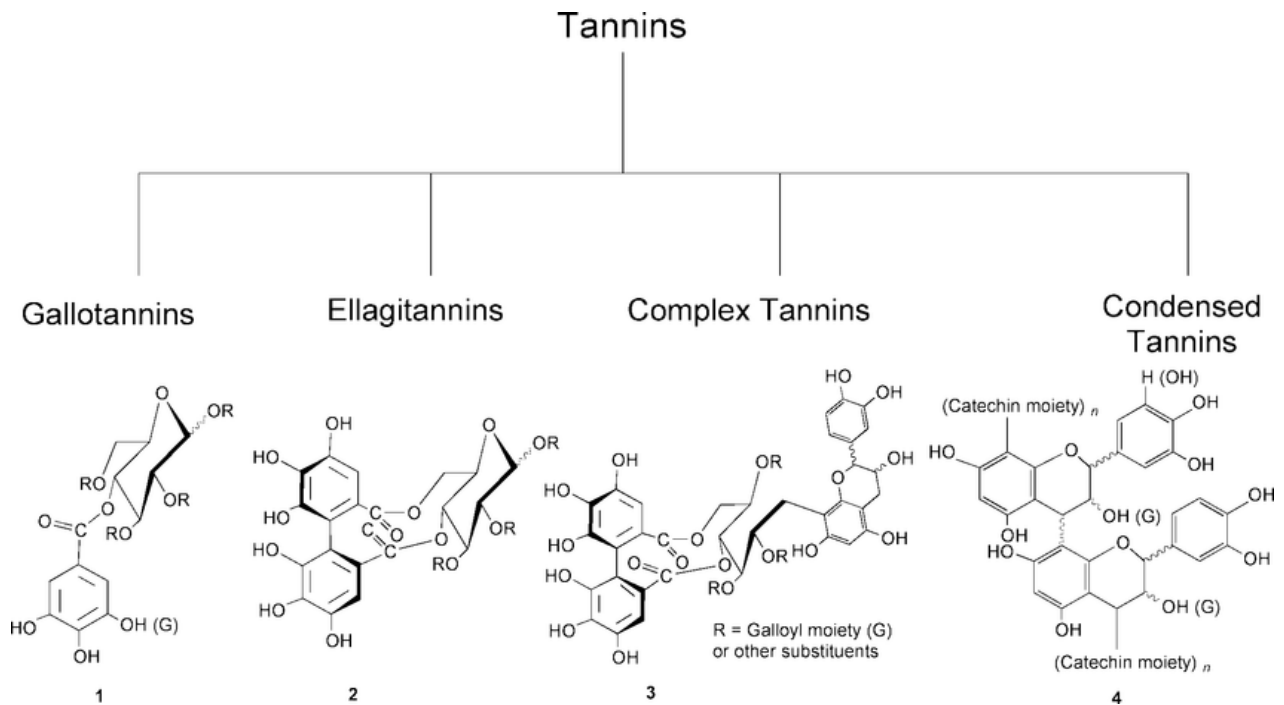


Figure 05 : Structure générales du composé des tanins

3-1-4-7 Les caroténoïdes :

3-1-4-7-1 Définition :

Les caroténoïdes sont des pigments colorés dont la couleur varie du jaune au rouge. Environ 700 caroténoïdes ont été isolés à partir de produits naturels (Britton et al., 2008) mais seulement une vingtaine sont détectables dans les tissus ou le sérum humain. Ils sont naturellement synthétisés par des plantes, certains champignons, des algues et quelques bactéries (Liu et al., 2000; Astray et al., 2009; Achir et al., 2010). Chez les plantes et les algues qui contiennent des caroténoïdes, ceux-ci se trouvent dans les chloroplastes et les chromoplastes. Ils ont deux rôles principaux : l'absorption de l'énergie lumineuse pour la photosynthèse et la protection de la chlorophylle contre les dommages causés par la lumière (Bartley et al., 1995). Chez les animaux, les caroténoïdes ne peuvent pas être synthétisés, ils sont simplement absorbés par l'alimentation même quand ils confèrent la couleur à l'animal comme c'est le cas de certains crustacés, insectes, poissons et oiseaux.

Ces pigments sont d'abord connus pour la convertibilité de certains d'entre eux en vitamine A, une vitamine essentielle, indispensable à la préservation des tissus épithéliaux des yeux et au système immunitaire (Bendich et al., 1986). Les caroténoïdes sont également de puissants antioxydants capables de protéger les cellules vivantes contre des attaques des radicaux libres et des dommages oxydatifs par une action anti-mutagène, anticlastogène et anti-carcinogène (Burton et al., 1984; Bendich et al., 1986; Fakourelis et al., 1987; Park 1994; Mueller et al., 2011). Ils ralentissent également le développement des tumeurs cancéreuses (Palozza et al., 1997; Wang et al., 1999). Dans l'alimentation, ils sont non seulement utilisés comme colorants alimentaires mais aussi ajoutés dans certains régimes fonctionnels afin d'abaisser la mortalité causée par certaines maladies (Pierce et al., 2006).

Parmi les caroténoïdes, le lycopène et le β -carotène, pigments de couleur rouge et orange, sont très abondants dans les plantes et les fruits. Ils sont également absorbés par le corps humain depuis l'alimentation et possèdent pour celui-ci des propriétés avantageuses.

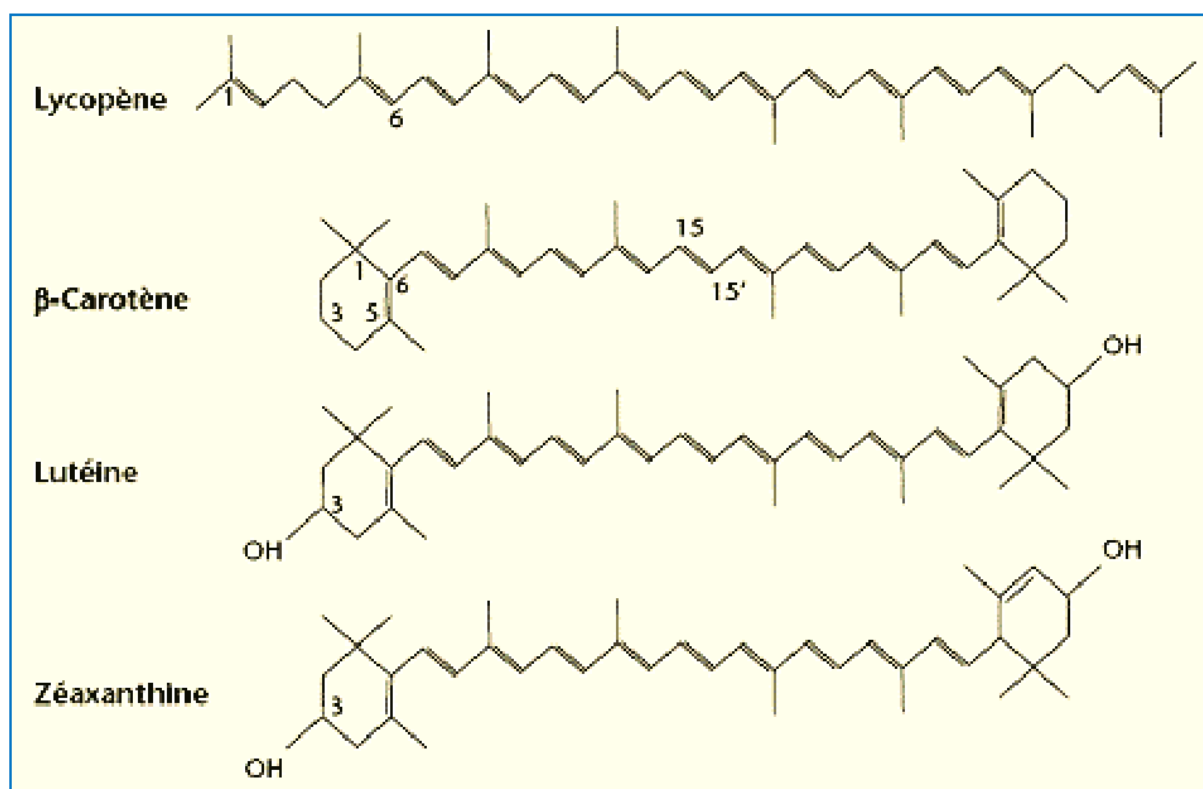


Figure 06 : Structure des 4 caroténoïdes majeurs de l'alimentation humaine

3-1-4-7-2 Classification

3-1-4-7-2-1 Hydrocarbures

Comme le lycopène, dont les unités isopréniques terminales ne sont pas cyclisées et les carotènes, avec un ou deux cycles non oxygénés. (Marouf, A ; Reynaud, J., 2007).

3-1-4-7-2-2 Les xanthophylles

Dérivées cyclisées et oxygénées des carotènes, les hydroxydes confèrent à ces dernières une polarité plus marquée que celle du β -carotène ou du lycopène. (Marouf, A ; Reynaud, J., 2007).

3-1-4-7-2-3 Epoxydes

Comme la violaxanthine. (Marouf, A ; Reynaud, J., 2007).

3-1-4-7-2-4 Des dérivées furaniques

Comme les flavoxanthines. (Marouf, A ; Reynaud, J., 2007).

4- Propriétés biologiques et effet santé des polyphénols

Les polyphénols suscitent depuis une dizaine d'années un intérêt croissant de la part des nutritionnistes, des industriels de l'agro-alimentaire et des consommateurs.

En effet, les polyphénols font partie de ce que l'on appelle les phyto-micronutriments. Ce sont les antioxydants les plus abondants dans les aliments puisque l'homme en consomme environ 1 g/jour (Scalbert et Williamson, 2000), soit près de dix fois plus que de vitamine C et 100 fois plus que de vitamine E ou de caroténoïdes (Grolier *et al.*, 2001). Les polyphénols neutralisent les radicaux libres et contribuent ainsi à prévenir diverses pathologies dégénératives telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires, la cataracte, les maladies du système nerveux central ou déficiences immunitaires... L'effet protecteur des polyphénols contre l'oxydation des LDL est bien établi *in vitro* et pourrait s'expliquer par un effet d'épargne d'autres antioxydants lipophiles tels que la vitamine E intégrée dans la phase lipidique des LDL (Vaher et Koel, 2003).

Chapitre III. Stress oxydatif

3-1 Définition et origine

Le stress oxydant est une circonstance anormale que traverse parfois les cellules ou les tissus lorsqu'ils sont soumis à une production, endogène ou exogène, de radicaux libres oxygénés qui outrepassent leurs capacités antioxydantes (Favier, 2006). Il résulte d'un déséquilibre entre les espèces pro-oxydantes et antioxydantes se traduisant par des dommages oxydatifs de l'ensemble des constituants cellulaires, les lipides avec perturbations des membranes cellulaires, les protéines avec l'altération des récepteurs et des enzymes, les acides nucléiques avec un risque de mutation et de cancérisation (Durand et al., 2013). Un stress oxydatif peut donc se développer suite à une surproduction des oxydants comme les espèces activées de l'oxygène et/ou à une diminution des systèmes de défense antioxydants (Sergent et al., 2000). Un radical libre est une espèce chimique possédant un électron célibataire sur sa couche périphérique, rendant ainsi cette espèce chimique particulièrement instable. Lorsque cet électron célibataire est situé sur un atome d'oxygène, on parle alors « d'espèces réactives de l'oxygène » (ERO) ou « reactive oxygen species » (ROS) (Durand et al., 2013). Le terme ROS fait référence à plusieurs types de métabolites réactifs à l'oxygène tels que les radicaux libres et d'autres non-radicalaires tel que le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) (Wiseman et al., 1996). Les principales espèces radicalaires centrées sur l'oxygène sont rapportées dans le Tableau 06.

Tableau 06: Principales espèces radicalaires impliquées dans le stress oxydant (Beaudeau et Vasson, 2005)

$O_2^{\cdot-}$	Radical superoxyde
HO_2^{\cdot}	Radical perhydroxyle
$^{\cdot}OH$	Radical hydroxyle
ROO^{\cdot}	Radical peroxyde
RO^{\cdot}	Radical alcoxyle

Ces ERO sont générés soit par réduction incomplète de l'oxygène au niveau de la mitochondrie (principalement lors de situation entraînant une sur-activation de la chaîne respiratoire comme dans le cas de l'effort physique) ou par différents systèmes enzymatiques et dans ce cas on parle d'ERO primaires dont le principal est l'anion superoxyde. Les principaux complexes enzymatiques impliqués sont la NADPH oxydase membranaire, la xanthine oxydase, les enzymes de la voie de l'acide arachidonique (lipooxygénase, cyclooxygénase), les enzymes du réticulum endoplasmique lisse (cytochrome P450) et du peroxyosome (Figure 07). Ces systèmes enzymatiques sont activés lors de nombreuses situations physiologiques ou environnementales comme l'inflammation, les épisodes infectieux, l'exposition à des toxiques ou à des xénobiotiques. À partir de ces ERO primaires, toute une série d'ERO secondaires (radicaux hydroxyle, peroxyde et alkoxyde) et d'espèces non radicalaires (peroxyde d'hydrogène, ozone. . .) peut être formée. Le radical superoxyde est celui qui a la réactivité la plus faible vis-à-vis des autres molécules. En revanche le radical hydroxyle est un puissant oxydant, son potentiel d'oxydoréduction est important et que sa vitesse de réaction est élevée. Les ERO ont la capacité à oxyder les molécules biologiques comme les glucides, les acides nucléiques, les lipides et les protéines. Les ERO peuvent oxyder un substrat selon trois modes d'action: arrachement d'un électron, arrachement d'un atome d'hydrogène sur un substrat organique, ou l'addition sur une double liaison (Durand et al., 2013). La production des radicaux libres est permanente mais faible (sous la forme de médiateurs tissulaires ou de résidus des réactions énergétiques ou de défense). Une telle production physiologique est parfaitement maîtrisée par des systèmes de défense, lesquels sont adaptatifs par rapport au niveau des radicaux présents. Dans ces circonstances normales, on dit que la balance antioxydants/prooxydants est en équilibre. Si tel n'est pas le cas, que ce soit par déficit en antioxydants ou par suite d'une surproduction énorme de radicaux, l'excès de ces radicaux est appelé « stress oxydant » (Favier, 2006) (Figure 08).

Le stress oxydant peut résulter d'une défaillance des systèmes antioxydants protégeant l'organisme d'un effet néfaste des radicaux libres. Ces antioxydants sont de nature diverse et agissent en synergie soit en se sacrifiant pour piéger l'électron célibataire d'un radical libre et le neutraliser en le délocalisant, soit en réduisant enzymatiquement les espèces réactives de l'oxygène. Certains antioxydants piègeurs proviennent de l'alimentation comme les vitamines E (tocophérol), C (ascorbate), Q (ubiquinone), les caroténoïdes ou les polyphénols. Il existe aussi des piègeurs endogènes synthétisés par les cellules et jouant le même rôle.

Le plus important d'entre eux est le glutathion réduit qui protège non seulement contre les radicaux oxygénés, mais aussi contre les peroxydes ou le NO (monoxyde d'azote) (Favier, 2006).

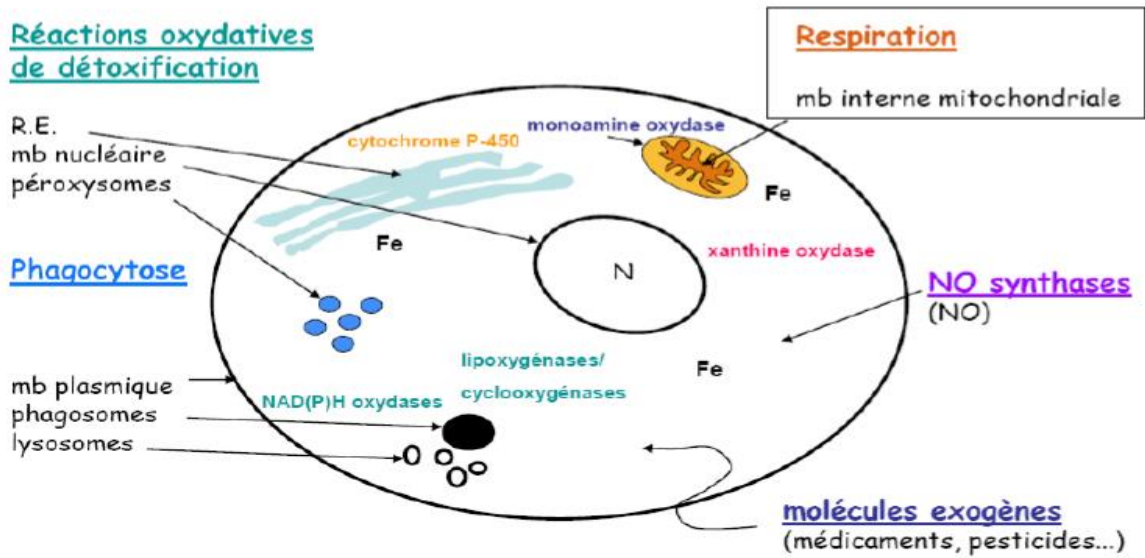


Figure 07. Principaux sites cellulaires de production des ERO (Sekli, 2011)

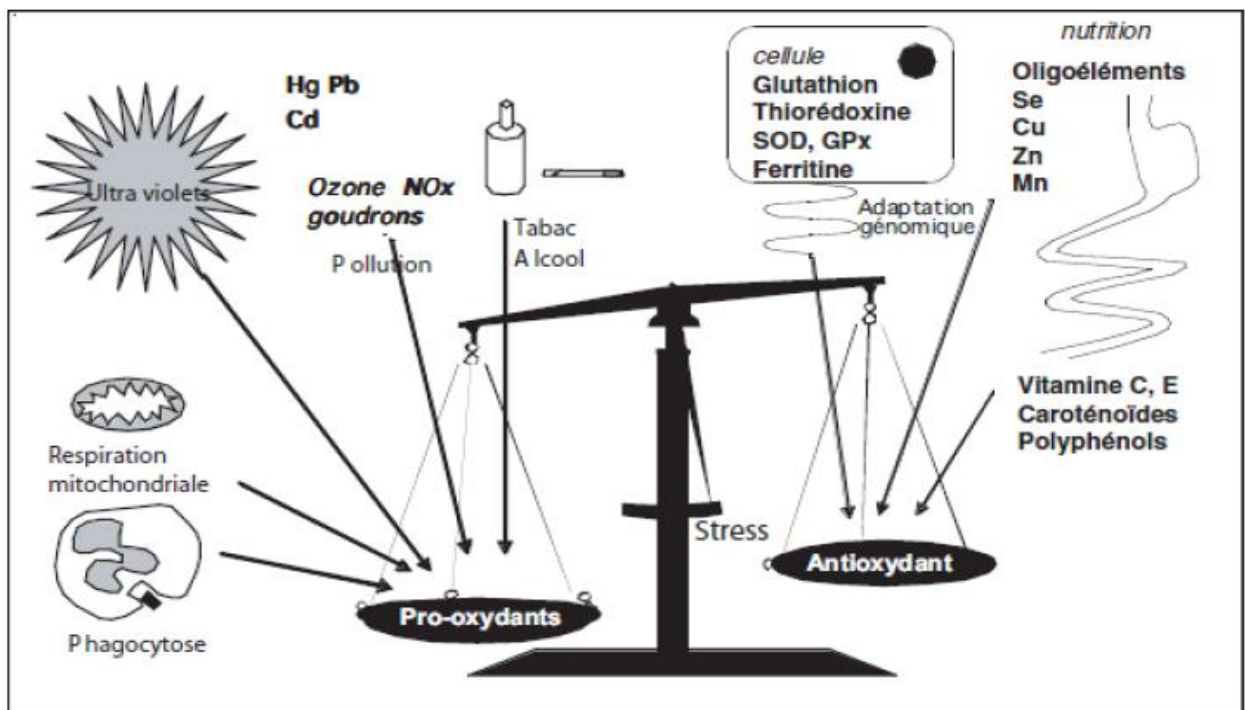


Figure 08. Balance d'équilibre entre les systèmes pro et antioxydants (favier, 2006)

3-2 Notion de stress oxydant

Au sein de l'organisme, il existe un équilibre entre la production d'ERO et la capacité antioxydante intracellulaire conduisant ainsi à une bonne régulation de l'état redox des cellules. Différentes situations de déséquilibre de cette balance « production d'ERO/capacité antioxydante » peuvent être observées suite à une situation d'agression de l'organisme.

La production d'ERO peut être faible et de courte durée, dans ce cas la réponse antioxydante est suffisante pour assurer un retour rapide à un équilibre redox de la cellule. En revanche, lors d'agression plus intense et prolongée, la production d'ERO est supérieure à la capacité antioxydante et dans ce cas ce déséquilibre prolongé (ou permanent) conduit à une situation de stress chronique comme c'est le cas dans de nombreuses pathologies (diabète, pathologies articulaires..). Les situations de stress oxydant modéré, même si elles sont bien maîtrisées par les systèmes de défenses de l'organisme, vont être suffisantes pour déclencher une réponse de celui-ci, cette réponse étant dans bien des cas, bénéfique pour « l'agressé » (stimulation des réponses immunitaire, inflammatoire, phagocytaire, de détoxification.) (Durand et al., 2013). En revanche, dans le cas d'un stress oxydant non maîtrisé et prolongé, l'implication de cette situation de surproduction d'espèces radicalaires est associée à de nombreuses pathologies comme le diabète, les cancers, les maladies cardiovasculaires, les accidents cérébraux vasculaires ou encore les pathologies articulaires (Delatre et al., 2005).

MATERIELS ET METHODES

Chapitre III : Matériels et méthodes

1. Matériel végétale :

1.1. Echantillonnage

Les épices sélectionnées font parties d'un mélange de plantes médicinales provenant de chez les vendeurs d'épices dans la wilaya de Sidi Bel-Abbés. Ces épices composés de Curcuma, de piment rouge, gingembre, cannelle et de cumin, sont retenus après une enquête réalisées auprès de la population de la région du nord-ouest Algérien, des fiches d'enquêtes comportant toutes les informations nécessaires sont distribuées à 100 personnes dont la presque totalité sont des femmes au foyer durant l'année 2019. Les épices sont identifiées par les botanistes du département des sciences de l'environnement, sont bien nettoyées, lavées rapidement à l'eau distillée, séchées dans un endroit aéré à l'abri du soleil puis broyées grossièrement dans un moulin électrique, un échantillon de chaque est conservé au laboratoire de bio toxicologie sous le code Cure 2019 SBA, Piro 2019 SBA et Pono 2019 SBA. Les épices sous le nom (Mel Epi) ont été mélangées dans des proportions calculées suite à l'enquête alimentaire effectuée auprès de la population du nord-ouest Algérien. (Annexe 01)



Figure 09: Mélanges d'épices

Compte tenu de la crise la crise sanitaire liée au Covid 19, La partie expérimentale n'a pas pu être finalisée. Par conséquent, uniquement deux paramètres ont été réalisés: la détermination de la teneur en eau, et la teneur en cendre.

Nous souhaitons compléter notre travail dans un autre projet de recherche.

1.2. Extraction des principes actifs

L'extraction des composés bioactifs à haute valeur ajoutée à partir de matière végétale sèche ou fraîche représente l'étape préliminaire dans l'utilisation des composés phytochimiques pour la recherche, l'identification et la préparation de produits nutraceutiques, pharmaceutiques et cosmétiques (Dai et Mumper, 2010).

Après l'obtention d'une poudre fine, L'extraction des principes actifs du MelEpi fraîchement préparé a été réalisée par la méthode de chauffage à reflux (Khodami et al., 2013).

Un échantillon de MelEpi (30 g) est mélangé à 300 ml d'eau agité pendant 10 minutes en utilisant un mixeur de cuisine.

Le mélange est homogénéisé dans un ballon placé sur une chauffe ballon thermostaté à 90°C. Le ballon est adapté à un réfrigérant ou les vapeurs se recondensent et retombent dans ce dernier. Après extraction le surnageant est séparé du résidu par filtration sous Büchner. La phase aqueuse est évaporée sous pression réduite par le rota vapeur type Laborota 4000 à 45°C. L'extrait aqueux de MelEpi est conservé à -20°C à l'obscurité jusqu'à son utilisation pour la quantification des composés fonctionnels.



Figure 10 : La chauffe Ballon



Figure 11: Le rota vapeur

2. Analyse des paramètres physico-chimiques

2.1. Détermination de la teneur en eau

Pour déterminer la teneur en eau, la matière Mel Epi subit une dessiccation à une température de 103°C dans une étuve isotherme ventilée à la pression atmosphérique pendant 30 min (Memmert UF 110) jusqu'à une mesure pratiquement constante (Audigié et al., 1984).

La teneur en eau est la différence entre le poids de l'échantillon avant et après la dessiccation pendant 15 min jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

- **Expression des résultats**

La teneur en eau est calculée par la formule suivante :

$$H\% = \frac{M1 - M2}{P} \times 100$$

H% : Le taux d'humidité ou la teneur en eau ;

M1 : La masse (en g) de la capsule avec l'échantillon et avant la déshydratation.

M2 : La masse (en g) de la capsule avec l'échantillon et après la déshydratation.

P : La masse (en g) de la prise d'essai.



Figure 12 : L'étuve



Figure 13 : Le dessiccateur

2.2. Détermination de la teneur en cendre

La teneur en matière minérale est conventionnellement le résidu de la substance après minéralisation de la matière sèche des échantillons dans un four à moufle (Heraeus Instruments). Elle est obtenue par incinération à 900°C (Pinta, 1980 ; AOAC, 1980) pendant 1h30 min dans le four et après une dessiccation pendant 15 min. (Audigie et Dupont, 1982).

➤ **Expression des résultats**

La teneur en cendre est calculée par la formule suivante :

$$Tc\% = \frac{M1 - M2}{P} \times 100$$

Tc% : La teneur en cendres (%).

M1 : La masse (en g) de la capsule et la matière sèche avant l'incinération.

M2 : La masse (en g) de la capsule avec les cendres.

P : La masse (en g) de la prise d'essai.

2.3. Détermination de la teneur en matière grasse

➤ **Principe**

Les lipides sont solubles à chaud ou à froid dans les solvants organiques tels que l'éther de pétrole, l'hexane, l'acétone, l'éthanol, etc.

La détermination des matières grasses est faite selon la méthode d'extraction par le SOXHLET en utilisant l'hexane comme solvant. A la fin de l'extraction, on peut admettre que toute la matière grasse est transférée dans le solvant.



Figure 14: L'appareil de SOXHLET

➤ **Mode opératoire :**

- Peser 25g de Mel épi et le mettre dans une cartouche.
- Placer la cartouche dans le siphon de SOXHLET en l'ayant recouvert avec du coton.
- Peser le ballon qui servira à recouvrir le solvant et y introduire 200 ml l'exhane dans le ballon.
- Alimenter le réfrigérant (0 à 4°C) en le branchant à un robinet.
- Brancher la prise du chauffe ballon en réglant la température à 60°C.
- Effectuer 4 à 6 siphonages. Débrancher le chauffe-ballon. Arrêter le robinet après refroidissement puis démonter l'appareil.
- Chasser la majeure partie du solvant à l'aide du Rota vapeur pour éviter l'ébullition de l'huile qui à la longue pourrait modifier les indices d'acidité.
- Placer le ballon contenant les lipides à l'étuve pendant 30 min à 103°C, puis au dessiccateur pendant 30 min.

➤ **Expression des résultats**

Le taux de la matière grasse est calculé par la formule suivante :

$$MG \% = \frac{P1 - P2}{ME} \times 100$$

P1 : Le poids du ballon après évaporation.

P2 : Le poids du ballon vide.

ME : La masse de la prise d'essai.

MG : Le taux de la matière grasse.

3. Dosage des composés phénoliques

3.1 Dosage des tanins condensés (tanins catéchiques)

Le dosage des tanins condensés dans l'extrait de MelEpi est effectué selon la méthode de (Broadhurst et Jones, 1978), modifiée par (Heimler et al., 2006). Le principe de ce dosage est basé sur la fixation du groupement aldéhydique de vanilline sur le carbone 6 du cycle A de la catéchine pour former un complexe chromophore rouge absorber à 500 nm (Schofield et al,

2001). Pour 400µl de chaque échantillon ou standard, on ajoute 3ml d'une solution de vanilline (4% dans le méthanol), et 1,5 ml d'acide chlorhydrique concentré.

Le mélange est incubé durant 15 min et l'absorbance est lue à 500 nm. Les concentrations en tanins condensés sont déduites à partir d'une gamme d'étalonnage de catéchine (0 – 300µg/ml), exprimées en microgramme équivalent catéchine par milligramme d'extrait (µg E CT/mg).

Les tanins condensés sont exprimés par la l'équation suivante :

$$T\% = 5.2 \cdot 10^{-2} (DO \cdot V/P)$$

5.2x10⁻² : Constante exprimée en équivalent de cyanidines.

DO : densité optique.

V : volume d'extrait utilisé en ml.

P : poids de l'échantillon en g.

T% : pourcentage du taux des tanins condensés par rapport à la matière sèche.

3.2 Dosage des tanins hydrolysables (au chlorure ferrique) (tanins galliques)

La méthode de Mole et Waterman, 1987 est basée sur une réaction avec le chlorure ferrique. Le mélange de l'extrait avec le réactif chlorure ferrique provoque la coloration rouge violette du complexe, d'où la formation des ions (Fe³⁺) (Bate-Smith, 1973). Une solution de FeCl₃ (0.01M) est mélangée avec une solution d'HCl 0.001M (V/V). Par la suite on ajoute 3,5 ml de ce réactif à 1 ml de l'extrait aqueux de MelEpi. Après 15 secondes, l'absorbance est lue à 660nm.

Les tanins hydrolysables sont exprimés par l'équation suivante :

$$T\% = DO (M \cdot V / E_{\text{moles}} P)$$

DO: densité optique.

E_{moles} : 2169 de l'acide gallique.

M : 300, **V** : volume d'extrait utilisé.

P : poids de l'échantillon.

T% : pourcentage des tannins hydrolysables.

3.3 Dosage des caroténoïdes

L'estimation de la teneur en caroténoïdes totaux dans le MelEpi est réalisée selon la méthode de Yolanda et al., 2007. 2 g du MelEpi sont homogénéisés avec 20 mL du mélange de solvants (hexane/acétone/éthanol, 2:1:1). Après agitation pendant 30 min, la phase supérieure est récupérée et protégée de la lumière par du papier aluminium, par la suite 10 ml d'hexane sont ajoutés et une deuxième extraction est réalisée. Le mélange des deux extractions est centrifugé pendant 5 min à 6500 RPM (rotations par minute). La teneur en caroténoïdes est déterminée par la mesure de l'absorbance de l'extrait hexanique à 420 nm. Les concentrations des caroténoïdes sont estimées en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant le β -carotène comme standard d'étalonnage. Les concentrations sont exprimées en mg équivalent de β -carotène par 100 g d'MelEpi (mg Eq β -carotène/100 g).

RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre IV : Résultats et Discussion

1. Analyse des paramètres physico-chimiques

1.1 La teneur en eau

L'analyse de la détermination de la teneur en eau a été réalisée sur le « MelEpi » qui a renfermée un taux d'humidité de 6%, à partir de cette valeur on a pu déterminer le taux de la matière sèche qui est estimé à 94% (figure 15).

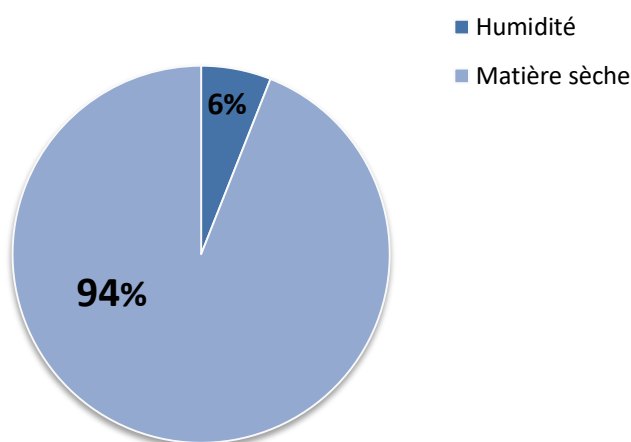


Figure 15 : Taux d'humidité et de la matière sèche

Un taux d'humidité inférieur à 10% assure une bonne conservation des plantes sèches (Lkhoumsi et al., 2014). La valeur moyenne de taux d'humidité obtenu correspond à la norme (< 10%), ce qui permet de préserver la qualité des plantes en cas de stockage.

1.2 La teneur en cendres

La détermination de la teneur en matière minérale nous éclaire sur la qualité nutritionnelle de l'échantillon à analyser. En effet, la teneur en cendres des aliments doit avoir un seuil à ne pas dépasser pour la consommation humaine et animale.

Le taux de cendres de « MelEpi » (Figure 16), obtenu dans cette étude est de 4,15 %. D'après Boumazouna et Guennad, (2017) le taux de cendres de la poudre de gingembre est de 3,29 %, ce qui est en accord au résultat de Bruneton, 2009 qui a révélé un taux de cendres du rhizome du gingembre de 4.77%.

Compte tenu de la crise sanitaire liée au Covid 19, La partie expérimentale n'a pas pu être finalisée. Par conséquent la partie des résultats : Teneur des épices en métabolites secondaires a été pris de plusieurs recherches et travaux antérieurs, et d'autres mémoires et articles scientifiques, principalement la thèse de doctorat de (ANNOU Ghania, 2017) et le mémoire de master de (GHILANI Ramdane, 2016) qui ont travaillé sur le mélange d'épices Algérien « Ras El-Hanout » le plus proche dans sa composition à notre MelEpi.

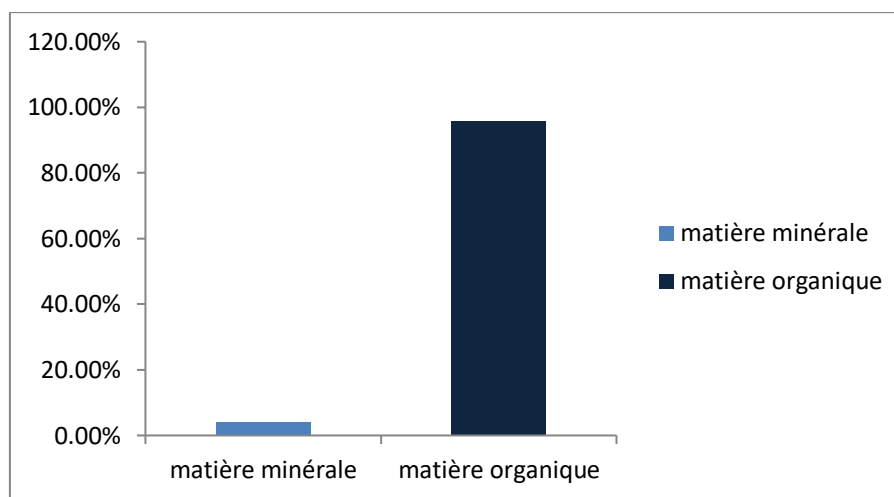


Figure 16 : teneur en matière minérale et matière organique.

2. Teneur des épices en métabolites secondaires

2.1. Teneur en polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux a été effectué avec le réactif colorimétrique de Folin-Ciocalteu selon la méthode de Singleton et Rossi (1965).

Les concentrations en polyphénols totaux de diverses épices et leurs mélanges (Annexe 02) sont calculés et illustrés dans la figure 17.

L'examen de la figure (17) laisse constater que le curcuma suivi du gingembre représentent les épices les plus riches en polyphénols avec des teneurs de 98.8 ± 5.29 et 90.93 ± 4.48 mgEAG/gES respectivement. Le carvi, le poivre, la noix de muscade et la cannelle sont également riches donnant par ordre décroissant des teneurs comprises entre 87.77 ± 9.67 et 64.71 ± 4.55 mgEAG/gES. Le cumin et l'anis vert présentent une similitude quantitative en ces principes actifs ($P > 0.05$) (Fig. 17). L'épice le moins doté en polyphénols est la coriandre, avec une concentration qui ne dépasse pas 5.72 ± 0.51 mgEAG/gES (Fig. 17). Statiquement, les teneurs phénoliques des épices étudiées montrent des écarts significatifs ($p < 0.05$) hormis entre le cumin et l'anis vert ($p > 0.05$).

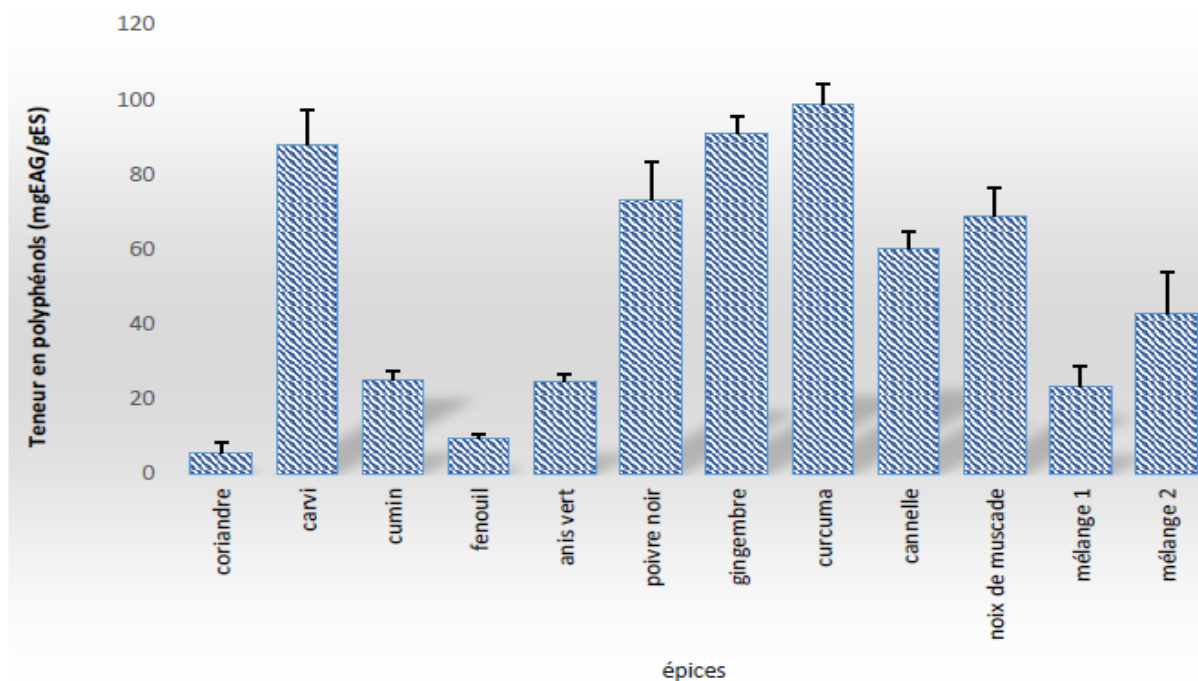


Figure 17: Teneur des épices étudiées et leurs mélanges en polyphénols

Le dosage des polyphénols des mélanges préparés fait ressortir des différences significatives entre les deux mélanges ($p < 0.05$). En effet, le contenu phénolique du mélange 1 est de 23.27 ± 2.5 EAG/gES, alors qu'il est de 43.04 ± 3.56 EAG/gES pour le deuxième mélange.

Discussion

Le dosage des polyphénols des différentes épices étudiées fait ressortir que certaines d'entre elles sont riches en ces métabolites alors que d'autres en sont moins pourvues. Le classement des épices étudiées par Annou, (2017) selon leur richesse en polyphénols est en accord avec celui de Denre (2014) ayant travaillé sur le cumin, curcuma, gingembre et cannelle. En revanche, Maizure (2011) a signalé que le gingembre est plus riche en polyphénols que le curcuma. L'étude Kim et al. (2011) sur une gamme d'épices fait ressortir que la coriandre est plus riche en polyphénols que le carvi, le curcuma, le fenouil et le cumin. IISuk et al. (2011) ont signalé que le curcuma est le plus riche en polyphénols avec 67.9 mg/g ES, suivie de l'anis vert, la noix de muscade, le gingembre, la cannelle, le cumin, le carvi, le fenouil, la coriandre et le poivre noire.

Les teneurs phénoliques différant d'une étude à l'autre peut être expliquée par l'influence d'un certain nombre de facteurs à savoir, les pratiques culturelles, la maturité à la récolte, les conditions de stockage et les conditions climatiques (la température élevée, exposition au

soleil, sécheresse, salinité...), sachant que, ces molécules exercent une action déterminante sur l'adaptation des plantes à leur environnement (Podsdek, 2007; Falleh et al., 2008; Kabera, 2014)

La différence des concentrations des polyphénols totaux peut également être expliquée par l'interférence de Folin-Ciocalteu. Ce réactif est extrêmement sensible à la réduction de tous les groupes hydroxyles, non seulement ceux des composés phénoliques, mais également ceux de certains sucres et protéines...etc. (Vuorela, 2005; Gomez-Caravaca et al., 2006).

Djeridane et al. (2006) signalent aussi que le solvant d'extraction entraîne d'autres substances non phénoliques comme les sucres, les protéines et les colorants qui peuvent interférer pendant toute évaluation du contenu phénolique.

Les faibles contenus phénoliques des deux mélanges "Ras el hanout", comparé à celui de certaines épices qui les constituent est sans doute en relation avec les proportions de celles-ci. En effet, les épices ayant un contenu phénolique important ne sont que faiblement représentées dans les mélanges. C'est le cas du curcuma, gingembre, carvi, poivre noir et la noix de muscade, par rapport à la coriandre dont la proportion dépasse les 50% dans le premier mélange et 20% dans le deuxième. Cette faible proportion en coriandre, épice faiblement pourvue en polyphénols et l'importance des autres épices expliquerait également la richesse du mélange 2 en polyphénols.

Les composés phénoliques sont dotés d'un grand nombre de propriétés biologiques, ce qui confère aux épices les renfermant des intérêts exploités dans de nombreux domaines.

Selon la littérature les polyphénols sont des agents antioxydants, antimicrobiens, antitumorals, anti-radicalaires, anti-inflammatoires, analgésiques, antiallergiques, antispasmodiques, hépatoprotectrices, et estrogéniques (Diebolt, 2003).

Il faut noter que ces effets sont indissociables de notion de biodisponibilité, car la qualité nutritionnelle et les effets systémiques des polyphénols dépendent de leur absorption au niveau du tractus digestif (Borel, 2014).

2.2. Teneur en Flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes est réalisé par la méthode colorimétrique décrite par (Djeridane *et al.*, 2006). Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 18.

Parmi les épices étudiées, le curcuma est le plus riche en flavonoïdes avec une teneur de 48.62 ± 1.07 mg EQ/gES, suivi du carvi dont la teneur est de 24.13 ± 9.03 mg EQ/gES. Les contenus de la cannelle et de la noix de muscade en flavonoïdes sont plus faibles (13.76 ± 1.16 et 9.02

± 5.78 mg EQ/gES respectivement), mais restent cependant plus importants que ceux des autres épices, n'excédant pas 6.32 ± 0.65 mg EQ/gES (cumin). La coriandre étant la moins riche en ces métabolites (0.77 ± 0.19 mg EQ/gES)

(Fig. 20).

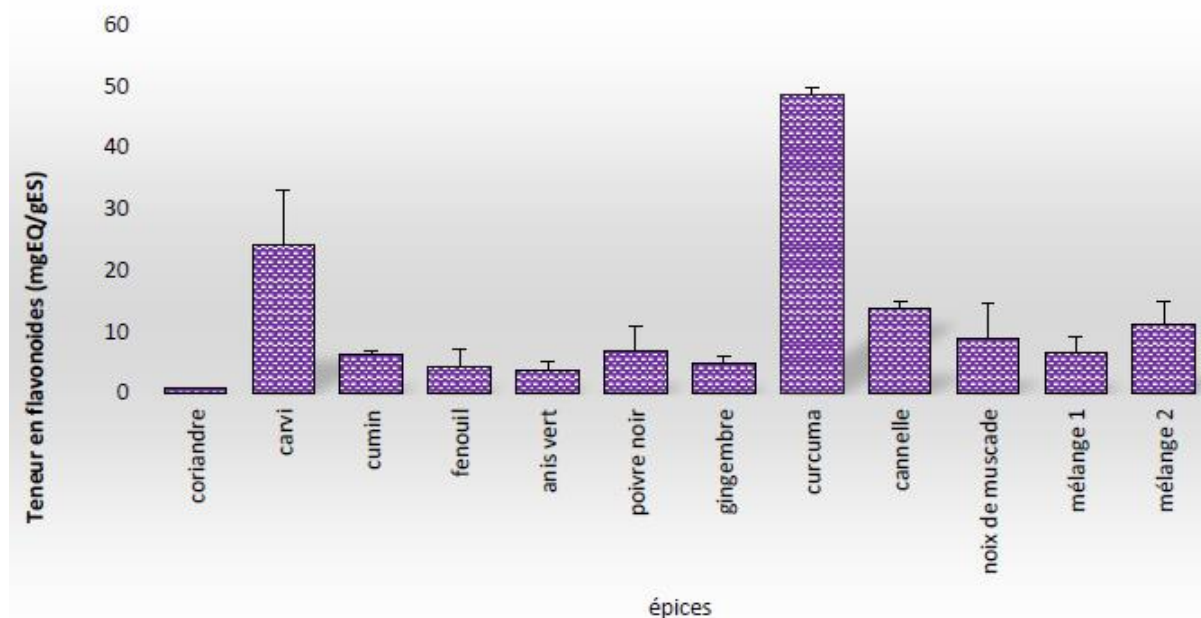


Figure 18 : Teneurs des épices et de leurs mélanges en flavonoïdes

La différence de la teneur en flavonoïdes des épices étudiées est significative ($p < 0.05$), sauf entre le cumin et poivre et entre le gingembre et le fenouil où elle n'est pas significative ($p > 0.05$) (Fig. 18).

Les mélanges "Ras el hanout" sélectionnés présentent des teneurs en flavonoïdes significativement différentes. Le contenu du mélange 2 étant de 11.32 ± 3.63 mg EQ/gES et celui du mélange 1 n'est que de 6.65 ± 2.44 mg EQ/gES (Fig. 18).

Discussion

Les flavonoïdes représentent la sous classe des polyphénols la plus abondante dans notre alimentation. La forte teneur du curcuma en flavonoïde corrobore les résultats de Kim et al. (2011). Chez cette épice, une famille des molécules sous le nom de curcuminoïdes comprenant le curcumine, le desméthoxycurcumine, le bidesméthoxycurcumine et le dihydrocurcumine sont classés parmi les flavonoïdes dérivés de phénylpropanoïdes, responsable de la coloration jaune de curcuma.

L'ensemble des expériences menées avec la curcumine ont permis d'observer qu'elle contribue à inhiber la prolifération cellulaire et l'angiogenèse à différentes étapes du développement de différents cancers. Elle possède aussi un fort pouvoir antioxydant, anti-inflammatoire et immuno-modulateur (Li, 2011 ; Priyadarsini, 2014).

Toutes les études qui ont été menées in vivo sur l'Homme ont montré que la curcumine lorsqu'elle est utilisée seule, est très rapidement éliminée par l'organisme. Mais, en présence de la pipérine (alcaloïde contenu dans le poivre noir), sa biodisponibilité se multiplie par un facteur de 15 à 20 (Shoba, 1998).

L'analyse quantitative des flavonoïdes avait renseigné également sur la richesse du carvi en flavonoïdes, ceci corrobore les résultats de Agrahari et Singh (2014). Ces flavonoïdes incluant le 3-O-méthyl quercétine, l'isoquercétine, la quercétine 3-O caffeylglucoside, et le kaempferol 3-glucoside conférant à l'épice une multitude d'activités biologiques, antidiarrhéique (Galvez et al., 1993 ; Laribi et al., 2010), antimicrobienne, antifongiques, anti-hyperglycémique, anti-hyperlipidémique, antitumoral et autres (Iacobellis et al., 2005 ; Mehdi et al., 2009).

L'existence des flavonoïdes dans les autres épices, même en faibles quantités, leur confèrent des vertus médicinales propres à la nature des flavonoïdes qu'elles renferment. La quercétrine, la quercétine et le kaempferol sont contenus dans la cannelle (Prasad et al., 2009) ; la flavone glycoside et la rutine dans le gingembre (Ghasemzadeh et al., 2010) ; la quercetin, isoquercetin, isorhamnetin 3-b-d-rutinoside, le kaempferol 3-arabinoside, le kaempferol-3-o-b-galactoside et la quercetin-3-o-b-drutinoside dans le poivre noire (Parmar et al., 1997) ; la quercetin-3-glucuronide, la rutine, le luteolin-7-glucoside, l'isoorientine, l'isovitexine, et l'apigenin-7-glucoside dans l'anis vert (Charles, 2013), la quercétine et le kaempferol dans le fenouil (Dua et al., 2013) et les flavonols dans le coriandre (Dias et al., 2011).

Il est remarqué en examinant la constitution de chaque épice en flavonoïdes, que des épices différentes pourraient partager des analogues en flavonoïdes et que ces derniers se trouvent fréquemment sous forme de glycosides.

Comme pour les polyphénols, on suggère que le deuxième mélange "Ras el hanout", comparé au premier, a acquis sa richesse en flavonoïdes grâce à sa plus forte teneur en épices riches en ces composés. La coriandre, fortement présente dans le premier mélange serait à l'origine de la faible teneur de ce mélange en flavonoïdes.

2.3. Teneurs des épices en tanins condensés et en tanins hydrolysables

Les teneurs des épices et leurs mélanges en tanins condensés (tanins catéchiques) et tanins hydrolysables (galliques ou éllagiques) sont calculées et présentées dans la figure 19.

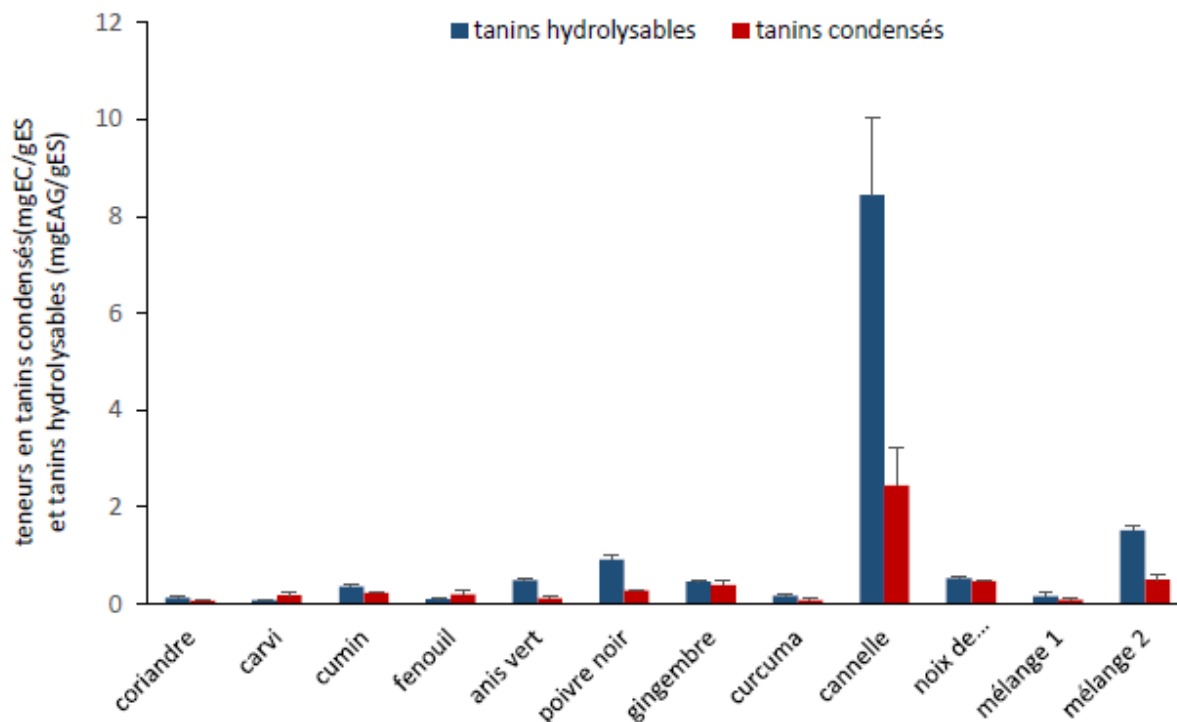


Figure 19 : Teneur des épices en tanins condensés et en tanins hydrolysables

L'examen des résultats fait ressortir que les concentrations en tanins hydrolysables sont souvent supérieures à celles des tanins condensés chez les épices étudiées (Fig. 21). La cannelle semble significativement la plus riche ($p < 0.05$), avec des concentrations de 8.44 ± 1.6 mg EAG/ES et de 2.44 ± 0.8 mgEC/ES en tanins hydrolysables et condensés respectivement (Fig. 21).

Concernant les autres épices, les teneurs en tanins sont très faibles car, les meilleures concentrations ne dépassent pas 0.92 ± 0.1 mg EAG/gES en tanins hydrolysables chez le poivre noir et 0.47 ± 0.03 mg EC/gES en tanins condensés chez la noix de muscade (Fig. 19). Les épices les plus dépourvues en ces métabolites sont le curcuma, la coriandre et le carvi dont les teneurs respectives sont de 0.08 ± 0.0 , 0.07 ± 0.01 et 0.18 ± 0.02 mg EC/gES en tanins condensés et de 0.17 ± 0.04 , 0.13 ± 0.03 et 0.08 ± 0.07 mg EAG/gES en tanins hydrolysables (Fig.19).

Les mélanges "Ras el hanout" exhibent à leurs tour des teneurs variées en tanins, avec une dominance non significative enregistrée chez le deuxième avec 0.69 ± 0.09 et 0.44 ± 0.01 mg EAG/gES, alors que les teneurs respectives en tanins hydrolysables et tanins condensés du mélange 1 ne sont que de 0.27 ± 0.02 et 0.21 ± 0.05 mgEC/gES de (Fig. 19).

Discussion

La richesse de la cannelle en tanins confirme les résultats de Kumar et al. (2012), Ahmada et al. (2013) et Mazimba et al. (2015).

Ces composés selon la littérature, s'avèrent très bioactifs, agissant comme des puissants antioxydants (Amarowicz, 2007). En effet, l'action des tanins sur l'ingestion des aliments se produit au niveau de la cavité buccale, lieu des premières interactions entre les tanins et les protéines. Il en résulte un phénomène d'astringence provenant de la formation de complexes entre les tanins et les glycoprotéines salivaires (Mitjavila, 1997).

La précipitation des protéines par les tanins participe positivement à l'activité antidiarrhéique, en protégeant les organes digestifs des attaques nuisibles. Elle contribue aussi à l'action antihémorragique. En concentrations relativement faibles, les tanins stimulent l'activité des enzymes digestives et inhibent la mutagénéicité de plusieurs agents cancérigènes (Perchellet, 1996).

Plusieurs tanins hydrolysables oligomériques, et leurs composés apparentés, révèlent une forte activité antitumorale qui peut être due à l'amélioration des réponses immunitaires. Les proanthocyanidines (tanins condensés), sous leurs deux formes libre et liée aux protéines, possèdent des groupements phénoliques qui diminuent la sensibilité des cellules saines aux agents toxiques (Makkar, 2003).

Néanmoins, les tanins sont considérés comme des anti-nutriments grâce à leur grande affinité à se combiner aux protéines endogènes et exogènes (protéines du tractus digestifs et diététiques), aux polymères (cellulose, hémicelluloses et pectine) et aux éléments minéraux, ralentissant ainsi leur digestion ainsi que leur biodisponibilité (Zimmer et Cordesse, 1996).

Face à ce paradoxe, on peut constater que les tanins ainsi que les épices qui les renferment agissent comme des médicaments et représentent des armes à doubles tranchants, leur utilisation parcimonieusement et avec précaution reste toujours recommandée.

2.4 Effet de traitement thermique sur le contenu des épices en métabolites (GHILANE, 2016)

En réalité de multitude étude ont été réalisé sur l'effet de la température sur le contenu des plantes en métabolites et surtout en composés phénoliques. L'étude de Rice-Evans et al.,(1996) ont attribué l'effet variables d'un traitement thermiques sur le contenu de certaines épices en flavonoïdes, aux variation des nombre et des disposition des groupes hydroxyle

qu'elles renferment, mais fréquemment et communément sont les variations des dihydroxylation survenant dans 30 ou 40 position.

Mohd Zainol et al., (2009) ont trouvé que les flavonoïdes comme naringin, rutin, quercetin, catechin, luteolin ; keampferol et apigenin sont thermosensibles. Alors que d'autres ; spécialement, flavan-3-ols catéchine, epicatéchine, gallocatéchine, et epigallocatechine, sont beaucoup plus thermostable.

Par ailleurs, Takahama, (1986) ; Friedman, (1997) et Buchner et al., (2006) ont montré que les flavonoïdes dans les solutions aqueuses présentent une sensibilité différente pour le traitement thermique en fonction de leurs structures.

Selon Ghilani, (2016) les tanins condensés ont montré une augmentation ou bien stabilité pendant le traitement thermique. Cette constatation ne concorde pas le mécanisme de dégradation de ces composés dans un milieu acide.

Ils ont marqué aussi que pour certaines épices, la coloration de l'extrait subit un léger brunissement par rapport aux témoins (extraits non traité thermiquement), c'est le brunissement non-enzymatique doué par la haute température. c'est une réaction associée principalement à des réactions de dégradation des glucides, tels que la caramélisation et les réactions de Maillard (Quintas et al., 2007).

Les réactions de Maillard sont initiées principalement par la condensation d'un groupe aldéhyde et amine, alors que la caramélisation se réfère plutôt à des réactions seulement entre glucides exposés à des températures élevées (BeMiller et Whistler, 1996). Ils suggèrent aussi que ce brunissement qui intensifie la coloration de l'extrait, augmentera l'absorption spectrophotométrique au cours des dosages, qui se traduit par la suite par une augmentation de la concentration. Les composés phénoliques des différentes épices semblent pour la plus part des épices thermostables, ou même, témoignent une augmentation chez certaines épices après le traitement thermique, ce qui suggère que les composantes polyphénolique supportent la cuisson prolongée en température élevé. Mais, il faut tenir en compte l'effet de l'évaporation, car les systèmes de cuisson ne sont pas hermétiquement scellés. De ce fait, il reste toujours préférable de rajouter les épices vers la fin de la cuisson.

CONCLUSION

Le stress oxydatif se réfère à une perturbation dans la balance métabolique cellulaire durant laquelle, la génération d'oxydants accable le système de défense antioxydant provoquant ainsi des dommages cellulaires importants pouvant conduire à des défaillances au sein d'un organe (Sorg, 2004). En raison de la toxicité des antioxydants synthétiques, le recours à des phytonutriments doués d'activités antioxydantes s'avère très avantageux et d'actualité

Le présent travail vise à rechercher les activités biologiques et antioxydant du MelEpi et de ses principales épices. Il nous sera ainsi possible de valoriser ce mélange à travers ses composants et les interactions pouvant exister entre eux. Les épices constitutives de ce mélange les plus citées sont : *Zingiber officinale* (gingembre), *Capsicum frutescens* (Piment rouge), *Curcuma longa* (curcuma), *Cinnamomum cassia* (cannelle), et *Cuminum cyminum* (cumin) selon les résultats de l'investigation effectuée.

Les résultats d'Annou, (2017) sur le mélange de « Ras El-Hanout », le plus proche dans sa composition à notre MelEpi, ont prouvé que le dosage des polyphénols, des flavonoïdes et des tanins a révélé la richesse du curcuma en polyphénols et en flavonoïdes et les fortes teneurs en tanins condensés et en tanins hydrolysables dans la cannelle. Les épices les moins dotées en ces métabolites étant la coriandre pour les polyphénols et les flavonoïdes et le curcuma, la coriandre et le carvi pour les tanins.

Par ailleurs, les résultats de Ghilani, (2016) ont révélé que le dosage des métabolites décrits après le traitement thermique des extraits a témoigné que les flavonoïdes sont les plus thermostables. Les polyphénols montrent plusieurs fluctuations d'augmentation et de diminution. Par exemple les polyphénols chez le poivre, la coriandre, le cumin et le carvi témoignent une amélioration après 60 min de traitement, puis les taux sont rechetés ; Mais la plus marqué c'est l'augmentation progressive des polyphénols dans les extraits de la cannelle. Les taux des extraits en tanins condensés sont améliorés par un traitement de 120 min.

L'explication de la cinétique de l'effet de la température semble difficile, vue la diversité des extraits en métabolites et la complexité des interrelations entre eux. Il est donc, intéressant d'utiliser des techniques d'analyses plus sophistiquées qui détectent les variations qualitatives et quantitatives en différents composés et faire une étude plus approfondie sur l'identification des composés phénoliques des épices constitutives de "MelEpi" avant et après le traitement thermique afin de mettre en exergue les modifications biochimiques provoquées par la cuisson des épices et de décrire une stratégie conduisant à la stabilité des activités biologique du mélange au cours de la cuisson.

**REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

- **ABDERRAZAK M., ET JOËL R., 2007.** LA BOTANIQUE DE A A Z. ED. DUNOD. PARIS
- **ABDERRAZAK MAROUF, JOEL REYNAUD, 2007)** 114 p, p 167. CROZIERA, CLIFFORD M. NETASHIHARA H., 2006. PLANT SECONDARY METABOLITES: OCCURRENCE, STRUCTURE AND ROLE IN THE HUMAN DIET. EDT BLACKWELL PUBLISHING LTD.
- **ACHIR, N., RANDRIANATO ANDRO, V. A., BOHUON, P., LAFFARGUE, A. ET AVALLONE, S. (2010).** KINETIC STUDY OF B -CAROTENE AND LUTEIN DEGRADATION IN OILS DURING HEAT TREATMENT. EUROPEAN JOURNAL OF LIPID SCIENCE AND TECHNOLOGY, 112, 349-361.
- **Agrahari P., Singh D.K., 2014.** A review on the pharmacological aspects of Carum carvi. Journal of Biology and Earth Sciences, 4: 1-13
- **Ahmada S. I., Capoorb M. and Khatoona F., 2013.** Phytochemical analysis and growth inhibiting effects of Cinnamomum cassia bark on some pathogenic fungal isolates. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 5(3) :25-32.
- **ALIX L. D., 2012.** LES EPICES C'EST MALIN, CANNELLE, CLOU DE GIROFLE, POIVRE. LEURS BIENFAITS ET TOUTES LEURS UTILISATIONS MECONNUES POUR LA SANTE, LA BEAUTE ET LA MAISON. ED. LEDUC. PARIS., P 37.
- **ALIX L-D, 2012.** Les épices c'est malin, cannelle, clou de girofle, poivre... Leurs bienfaits et toutes leurs utilisations méconnues pour la santé, la beauté et la maison. Ed LEDUC. Paris.
- **ALKURD A., HAMED T-R., ALSAYYED H., 2008.** TANNIN CONTENTS OF SELECTED PLANTS USED IN JORDAN. JORDAN JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES VOL 4: 265 – 274
- **ALKURD A., HAMED TR., ALSAYYED H., 2008.** TANNIN CONTENTS OF SELECTED PLANTS USED IN JORDAN. JORDAN JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES VOL 4: 265 - 274./
- **Amarowicz R., 2007.** Tannins: the new natural antioxidants? Eur. J. Lipid Sci. Technol, 109 : 549–551.
- **Araar H, 2009.** Cinnamon plant extracts: a comprehensive physico-chemical and biological study for its potential use as a biopesticide. Thesis. P7.
- **ARMAND A, 2009.** CONTRIBUTION A L'ETUDE DU DEVELOPPEMENT D'UN ALIMENT FONCTIONNEL A BASE D'EPICES DU CAMEROUN : CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE ET FONCTIONNELLE. THESE DOCTORAT. UNIVERSITE DE NGAOUNDERE. P29.

- **ASTRAY, G., GONZALEZ-BARREIRO, C., MEJUTO, J. C., RIAL-OTERO, R. ET SIMAL-GANDARA, J. (2009).** A REVIEW ON THE USE OF CYCLODEXTRINS IN FOODS. FOOD HYDROCOLLOIDS, 23, 1631-1640.
- **Audigie C. , Figarella J ., Zonszaain F. (1984).** Manipulation d'analyse biochimique .Doin (Ed).Paris, 274p
- **Audigie. C.L. ; Dupont. G. (1982).** Principes des méthodes d'analyses biochimiques, Paris, pp. 566-567.
- **BADIAGA M. (2011)** ÉTUDE ETHNOBOTANIQUE, PHYTOCHIMIQUE ET ACTIVITES BIOLOGIQUES DE NAUCLEA LATIFOLIA (SMITH). UNE PLANTE MEDICINALE AFRICAINE RECOLTEE AU MALI, THESE DE DOCTORAT, UNIVERSITE DE BAMAKO, 137 P.
- **Bahorun T, 1997.** Substances Naturelles actives. La flore Mauricienne .une source
- **BAIBA F., RITA G.,OLGA V.ET AIVAS B. 2018.** OCCURRENCE AND DIVERSITY OF BACILLUS CEREUS AND MOULDS IN SPICES AND HERBS. FOOD CONTROL.83.69-74.
- **Baiba F., Rita G.,Olga V.et Aivas B. 2018.** Occurrence and diversity of Bacillus cereus and moulds in spices and herbs.food control.83.69-74.
- **BARTLEY, G. E. ET SCOLNIK, P. A. (1995).** PLANT CAROTENOIDS: PIGMENTS FOR PHOTOPROTECTION, VISUAL ATTRACTION, AND HUMAN HEALTH. THE PLANT CELL, 7, 1027-1038.
- **Bate-smith. E. C. (1973)** haem analysis of tannins: the concept of relative astringency. Phytochemistry .12: 907-912
- **BELBACHE H, 2003.** INVESTIGATION PHYTOCHIMIQUE DE L'EXTRAIT CHLOROFORME DE CENTAUREA PARVIFLORA DESF, MEMOIRE DE MAGISTER EN CHIMIE ORGANIQUE, UNIVERSITE MENTOURI CONSTANTINE. P 16-20.
- **BeMiller, J.N. and Whistler, R.L. 1996.** Carbohydrates. In: Food chemistry, O.R. Fennema (Ed.), CRC Press Taylor & Francis Group: Boca Raton, Fl. pp.157-223.
- **BENDICH, A. ET SHAPIRO, S. S. (1986).** EFFECT OF B-CAROTENE AND CANTHAXANTHIN ON THE IMMUNE RESPONSE OF THE RAT. THE JOURNAL OF NUTRITION, 116, 2254-2262.
- **Benjamin Ligeon,** L'Île aux épices, Toute reproduction partielle ou totale sans autorisation du contenu de ce site est strictement interdite et peut être suivi de poursuites, le 08 janvier 2013.
- **BERNIER P. D., BORVANO M. , OUGASTA F ., 2004.** Syndrome du côlon irritable. Manuel de nutrition clinique en ligne. Ordre professionnel des diététistes du Québec P12.

- **BIAYE. M. (2002).** ACTIONS PHARMACOLOGIQUES DES TANNINS. THESE DE DOCTORAT EN PHARMACIE. FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE. UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP. DAKAR. SENEGAL. 53P + ANNEXES.
- **Borel P., 2014.** Biodisponibilité des phytomicronutriments : Mécanismes impliqués et stratégies d'amélioration. Innovations Agronomiques, 42: 27-37
- **BOUMAZOUNA Meriem M elleGUENNAD Hiba, 2017** mémoire de master : Contribution à la caractérisation physico-chimique et microbiologique de l'extrait de gingembre. Préparation d'une teinture à base de gingembre et l'étude de son activité antiseptique et cicatrisante.
- **BREITLING R, CENICEROS A, JANKEVICS A, TAKANO E (2013)** METABOLOMICS FOR SECONDARY METABOLITE RESEARCH. METABOLITES 3:1076–1083. DOI: 10.3390/METABO3041076
- **BRITTON, G., S. LIAAEN-JENSEN, ET AL. (2008 A).** CAROTENOIDS. VOLUME 4: NATURAL FUNCTIONS. BASEL SWITZERLAND, BIRKHAUSER VERLAG AG.// WWW.RICHARDBELIVEAU.ORG
- **Broadhurst Richard B. and Jones William T. (1978)** Analysis of condensed tannins using acidified vanillin. Journal of the Science of Food and Agriculture .29(9) :788-794.
- **BRUNETON J, 1993.** PHARMACOGNOSIE ET PHYTOCHIMIE PLANTES MEDICINALES. PARIS, FRANCE: LAVOISIER. 278 - 279P
- **BRUNETON J, 2009.** PHARMACOGNOSIE PHYTOCHIMIE, PLANTES MEDICINALES. ED LAVOISIER. PARIS. P307.
- **BRUNETON, J « PHARMACOGNOISE »,** PLANTES MEDICINALES, ED LAVOISIER, TECHNIQUES ET DOCUMENTATION, PARIS 1999, 405.
- **BRUNETON. J. (1999).** FLAVONOÏDES. IN : PHARMACOGNOSIE, PHYTOCHIMIE : PLANTES MEDICINALES. ED. 3: TECHNIQUE ET DOCUMENTATION. PARIS. 10-353P.
- **BRUNETONJ,1993.**PHARMACOGNOSIEETPHYTOCHIMIE PLANTESMEDICINALES.PARIS,FRANCE: LAVOISIER P 278- 279. /
- **Buchner N., Krumbein A., Rhon S. and Kroh, L. W. ; 2006.** Effect of thermal processing on the flavonols rutin and quercetin. Rapid Communications in Mass Spectrometry, Vol.20 : 3229-3235.
- **BURTON, G. ET INGOLD, K. (1984).** B -CAROTENE: AN UNUSUAL TYPE OF LIPID ANTIOXIDANT. SCIENCE, 224, 4649, 569-573.

- **BURTON, G. W. ET INGOLD, K. U. (1984).** B-CAROTENE: AN UNSUAL TYPE OF LIPID ANTIOXIDANT. SCIENCE, 224, 569-573.
- **CAROLE G, 2011.** MES PETITES RECETTES MAGIQUES AU SUPER EPICES, CANNELLE, CURCUMA, MUSCADE. ANTICANCER, PROTECTION CARDIAQUE, MINEUR...ED LEDUC. PARIS. P17,18.
- **Charles D.J., 2013.** Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources. Springer Science, 255p.
- **CLASSIFICATION, PHARMACOLOGICAL, BIOCHEMICAL EFFECTS AND THERAPEUTIC POTENTIAL.** INDIAN JOURNAL OF PHARMACOLOGY., 33 : 2-16.
- **COSME. F. ; RICARDO-DA-SILVA. J.M. ; LAURIANO. O. (2008).** INTERACTIONS BETWEEN PROTEIN FINING AGENTS AND PROANTHOCYANIDINS IN WHITE WINE. FOOD CHEM. 106, 536-544.
- **CRONQIST. ,1981.** Alpha-tocopherol:roles in prevention and therapy of humandisease. BiomedPharmacother.
- **CROZIER A, CLIFFORD M.N ET ASHIHARA H., 2006.** PLANT SECONDARY METABOLITES: OCCURRENCE, STRUCTURE AND ROLE IN THE HUMAN DIET. EDT BLACKWELL PUBLISHING LTD d'approvisionnement potentielle. Food and Agricultural Research council Mauritiias. p83,94.
- **DA CRUZ-CABRAL, L, ; FERNANDEZ-PINTO, V, ; PATRIARCA, A.** INT J FOOD MICRIBIOL. 2013, 166, 1-14.
- **Dai j. and Mumper R.J., 2010.** Plant Phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. Molecules, 15: 7313-7352.
- **DANGLES O, STOECKEL C, WIGAND M C, BROUILLARD R,** TWO VERY DISTINCT TYPES OF ANTHOCYANIN COMPLEXATION : COPIGMENTATION AND INCLUSION. TETRAHEDRON LET(1992)
- **DANGLES O., STOECKEL C., WIGAND MC ET BROUILLARD R., 1992.** TWO VERY DISTINCT TYPES OF ANTHOCYANIN COMPLEXATION: COPIGMENTATION AND INCLUSION. TETRAHEDRONLETT., 33: 5227-30.
- **Daniela Heimler , Pamela Vignolini, Maria Giulia Dini, Franco Francesco Vincieri, Annalisa Romani (2006)** Antiradical activity and polyphenol composition of local *Brassicaceae* edible varieties 99:464-469
- **Delattre J, Beaudeau JL, Bonnefont-Rousselot D (2005).** Radicaux libres et stress 1re éd Paris, France: Edt Tech and Doc et Edts Médicales Internationales. 1–492.

- **Denre M., 2014.** The determination of vitamin C, total phenol and antioxidant activity of some commonly cooking spices crops used in West Bengal. *International journal of plant physiology and biochemistry*; Vol 6 : 66-77
- **DEWICK PM.,** THE BIOSYNTHESIS OF SHIKIMATE METABOLITES. *NAT. PROD. REP.* 1995, 12: 579-607
- **DEWICK PM.,** THE BIOSYNTHESIS OF SHIKIMATE METABOLITES. *NAT. PROD. REP.* 1995 12 : 579-607P
- **Dhandapani, S., subramanian, V.R., Rajagopal, S., Namasivayam, N.** (2002) hypolipidemic effect of cuminumcyminum L. on allaxon-induced diabetic rats. *Pharmacological research.* 46: 251-255.
- **Dias M.I., Barros L., Sousa M.J., Ferreira I.C., 2011.** Comparative study of lipophilic and hydrophilic antioxidants from in vivo and in vitro grown *Coriandrum sativum*. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 66 (2) :181–186
- **Dicato M., Diederich M., 2005.** Chemo preventive and therapeutic effects of curcumin. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1052: 181–190.
- **Diebolt M., 2003.** Effets pharmacologiques des polyphénols végétaux sur la vasomotricité et études des mécanismes dans un modèle de vaisseaux humains reconstitués par ingénierie tissulaire, TUniversité Laval,
- **DIXON. R.A. ; XIE. D.Y. ; SHARMA. S.B. (2005).** PROANTHOCYANIDINS-A FINAL FRONTIER IN FLAVONOID RESEARCH? *NEW PHYTOLOGIST*, 165, 9-28
- **Djeridane A., Yous M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P., Vidal N., 2006.** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chem.*; 97: 654-660
- **Droniou-Cassaró., 2012.** Les épices .les symposiarques. pp 2-6.
- **Dua A., Garg G. and Mahajan R., 2013.** Polyphenols, flavonoids and antimicrobial properties of methanolic extract of fennel (*Foeniculum vulgare* Miller). *European Journal of Experimental Biology*, 3(4):203-208
- Durand D, Marie Damon M, Gobert M (2013). Le stress oxydant chez les animaux de
- **Durand D, Marie Damon M, Gobert M (2013).** Le stress oxydant chez les animaux de
- **Duvoix, Blasius R., Delhalle S., Schnekenburger M., Morceau F., Henry E., Vangalapati M., SreeSatya N, Surya Prakash D. V., Avanigadda S., 2012.** Pharmacological Activities and Clinical effects of Cinnamon Species. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 3: 653-663.

- **FAKOURELIS, N., LEE, E. C. ET MIN, D. B. (1987).** EFFECTS OF CHLOROPHYLL AND B-CAROTENE ON THE OXIDATION STABILITY OF OLIVE OIL. JOURNAL OF FOOD SCIENCE, 52, 1, 234-235.
- **Falleh h., ksouri r., chaieb k., karray-bouraoui n.,trabelsi n., boulaaba m., Abdelly C., 2008.** Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities .C. R. Biologies. Vol 331: 372-379
- **Favier A (2006).** Stress oxydant et pathologies humaines. Ann Pharm Fr. 64: 390-396.
- **Favier. A. (2003).** Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité Chimique*. 108-115.
- **FLAVONOIDS WORKSHOP, MAY 31-JUNE 1, 2005, WASHINGTON.** JOURNAL OF NUTRITION., 137 (3 SUPP 1) : 718 s-737 s.
- **FLEEGER JL ET FLIPSE IJ., 1964.** METABOLISM OF BOVINE SEMEN XIII. MALONIC ACID METABOLISM BY BOVINE SPERMATOZOA. J. DAIRYSCI., 47 (5): 535-8.
- **FLEEGERJLETFLIPSEIJ.,1964.** METABOLISM OFBOVINESEMENXIII.MALONICACIDMETABOLISM BYBOVINESPERMATOZOA. J. DAIRYSCI 47(5) : 535-8 P./
- **Friedman M., 1997.** Chemistry, Biochemistry, and Dietary Role of Potato Polyphenols. A Review. Journal of Agricultural and Food Chemistry ; Vol.45 (5) :1523-1540
- **GAST M.2011.**ÉPICES ET CONDIMENTS. IN GABRIEL CAMPS (DIR.), 17. ÉDITEUR PEETERS PUBLISHERS.PP 472-529.
- **Gast M.2011.**Épices et condiments. in Gabriel Camps (dir.), 17. Éditeur Peeters Publishers.pp 472-529.
- **Ghasemzadeh A., Jaafar H. Z. E., and Rahmat A., 2010.** Antioxidant Activities, Total Phenolics and Flavonoids Content in Two Varieties of Malaysia Young Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). Molecules, 15: 4324-4333
- **Gigon F, 2012.**Le gingembre, une épice contre la nausée (10) 87-91.
- **GIRON E.2013.** LES EPICES DANS LA PARFUMERIE.DANDY MAGAZINE.
- **Giron E.2013.** Les épices dans la parfumerie.*Dandy magazine*.
- **Gomez-Caravaca A.M., G ´omez-Romero M., Arraez-Roman D., Segura-Carretero A., Fernandez-Guti ´errez A. 2006.** Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis 41 : 1220– 1234.
- **GROFF J., AND GROPPER S., 2000.** ADVANCED NUTRITION AND HUMAN METABOLISM, 3" ED. BELMONT: WADSWORTH.

- **GUIGNARD J-L, 1974.** ABREGE DE BIOCHIMIE VEGETALE A L'USAGE DES ETUDIANTS EN PHARMACIE: MASSON. PARIS. Pp 146-155.
- **GUIGNARD J-L, COSSON L., ET HENRY M., 1985.** ABREGE DE PHYTOCHIMIE, MASSON. PARIS, Pp 138.
- **HADI. M. (2004).** LA QUERCETINE ET SES DERIVES : MOLECULES A CARACTERE PROOXYDANT OU CAPTEURS DE RADICAUX LIBRES : ETUDES ET APPLICATIONS THERAPEUTIQUES. THESE DE DOCTORAT. UNIVERSITE LOUIS PASTEUR.
- **HAMDANI D, 2012.** ACTION DES POUDRES ET DES HUILES DE QUELQUES PLANTES AROMATIQUES SUR LES PARAMETRES BIOLOGIQUES DU BRUCHE DE HARICOT ACANTHOSCELIDESOBTECUSSAY. COLEOPTERA BRUCHIDAE. UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU. MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DE MAGISTER EN SCIENCES BIOLOGIQUES. 97P.
- **HAMDANI D, 2012.** ACTION DES POUDRES ET DES HUILES DE QUELQUES PLANTES AROMATIQUES SUR LES PARAMETRES BIOLOGIQUES DU BRUCHE DE HARICOT ACANTHOSCELI DE SOBTECUSSAY. COLE OPTERA BRUCHIDAE. UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU. MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DE MAGISTER EN SCIENCES BIOLOGIQUES. (FIGUEREDO, 2007). (RAKOTONANA HARY, 2012)
- **HARVEY, M. A RESOURCE PERSPECTIVE OF GLOBAL DYNAMIC CAPABILITIES.** J INT BUS STUD 32, 597–606 (2001).
- **HASLAM E, 1994.** NATURAL POLYPHENOLS (VEGATABLE TANNINS): GALLIC ACID METABOLISM. NAT. PROD., 11: 41-66.
- **HASLAME, 1994.** NATURAL POLYPHENOLS (VEGATABLETANNINS): GALLICACID METABOLISM. NAT. PROD.
- **HEIM. E.K. ; TAGLIAFERRO. A.R. ; BOBILYA. D.J. (2002).** FLAVONOID ANTIOXIDANTS: CHEMISTRY , METABOLISM AND STRUCTURE-ACTIVITY RELATIONSHIPS. THE JOURNAL OF NUTRITIONAL BIOCHEMISTRY. 13: 572-584P.
- **HEMINGWAY R-W, 1992.** STRUCTURAL VARIATION IN PROANTHOCYANIDINS AND THEIR DERIVATIVES. IN: LPANT POLYPHENOLS: SYNTHESIS, PROPRIETIES, SIGNIFICANDE. HEMINGWAY R.W, LAKS P.E, (NEW YORK): 34.
- **HEMINGWAY R-W, 1992.** STRUCTURAL VARIATION INPROANTHOCYANIDINSAND THEIR DERIVATIVES.IN:LPANTPOLYPHENOLS:SYNTHESIS,PROPRIETIES,SIGNIFICANDE.HEMING WAY R.W,LAKSP.E,(NEW YORK): 34.

- **HENNEBELLE T., SAHPAZ S., BAILLEUL F., 2004.** POLYPHENOLS VEGETAUX, SOURCES, UTILISATIONS ET POTENTIEL DANS LA LUTTE CONTRE LE STRESS OXYDATIF. PHYTOTHERAPIE, 1: 3-6
- **HENNEBELLE T., SAHPAZ S., BAILLEUL F., 2004.** POLYPHENOLS VEGETAUX, SOURCES, UTILISATION ET POTENTIEL DANS LA LUTTE CONTRE LE STRESS OXYDATIF. PHYTOTHERAPIE, 1: 3-6.
- **HERTOG M., FESKENS E., HOLLMAN P., KATAN M., KROMHOUT D., 1993.** DIETARY ANTIOXIDANT FLAVONOIDS AND RISK OF CORONARY HEART DISEASE: THE ZUPHEN ELDERLY STUDY. THE LANCET 342: 1007-1014
- **HOLLMAN J. P., L –KEEN C., MAZZA G., MESSINA M., SCALBERT A., VITA J., WILLIAMSON G. ET BURROWES J. 2007.** FLAVONOIDS AND HEART HEALTH : PROCEEDING OF THE ILSI NORTH AMERICA
- **Hombourger C, 2010.** Le Curcuma, De l'épice au médicament. Thèse doctorat. Université HENRI POINCARE - NANCY 1. P5.
- **Il-Suk Kim., Mi-Ra Yang 1., Ok-Hwan Lee 2, and Suk-Nam Kang 1., 2011.** Antioxidant Activities of Hot Water Extracts from Various Spices International Journal of Molecular Sciences; 12, 4120-4131.
- **JULIA. 2016.** LES EPICES EN COSMETIQUE. IN ASTUCE PRATIQUE.
- **Julia. 2016.** les épices en cosmétique. In astuce pratique.
- **Kabera J.N., Semana E., Ally R., Mussa and He X., 2014.** Plant Secondary Metabolites: Biosynthesis, Classification, Function and Pharmacological Properties.
- **Khodami et al, 2013** A. Khoddami, M. Wilkes, T. Roberts Techniques for analysis of plant phenolic compounds Molecules, 18 (2013), p. 2328
- **Kim J Y., Lim H J., Lee D Y., Kim D H., Jeon R., Ryu J H., 2009.** In vitro anti inflammatory activity of lignans isolated from Magnolia fargessii. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters 19: 937 -940.
Lafayette, IN, U.S.A and University of Florida, Gainesville, FL, U.S.A.
- **LARAOU, H. (2007).** ETUDE PHYTOCHIMIQUE L'EXTRAIT CHLOROFORMIQUE DE BUPLEURUM ATLANTICUM, DOCTEUR DE L'UNIVERSITE LOUIS PASTEUR CHIMIE ORGANIQUE.
- **Laribi B., Kouki K., Mougou A., Marzouk B., 2010.** Fatty acid and essential oil composition of three Tunisian caraway (*Carum carvi* L.) seed ecotypes. J. Sci. Food Agric., 90:391–396.

- **Li H.B., Cheng K.W., Wong C.C., Fan K.W., Chen F., Tian Y. 2007.** Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fraction of selected microalgae. *Food Chemistry*, 102: 771-776
- **LIU, J., ONG, W., ROMAN, E., LYNN, M. J. ET KAIFER, A. E. (2000).** CYCLODEXTRIN-MODIFIED GOLD NANOSPHERES. *LANGMUIR*, 16, 7, 3000-3002.
- **Lkhoumsi Driss**, et al. Guide des bonnes pratiques de collecte des plantes aromatiques et medicinales du maroc. 2014
- **MAAROUF A., 2000.** DICTIONNAIRE BOTANIQUE
- **MACHEIX J., FLEURIET A., ET JAY-ALLEMAND C., 2005.** LES COMPOSEES PHENOLIQUES DES VEGETAUX, UN EXEMPLE DE METABOLITES SECONDAIRES D'IMPORTANCE ECONOMIQUE, PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES, ISBN 2-88074-625-6 P 1, P 67,P121-216 , P 162.
- **MACHEIX J., FLEURIET A., ET JAY-ALLEMAND C., 2005.** LES COMPOSEES PHENOLIQUES DES VEGETAUX, UN EXEMPLE DE METABOLITES SECONDAIRES D'IMPORTANCE ECONOMIQUE, PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES, ISBN 2-88074-625-6 P 1, P 67,P121-216 , P 162.
- **MACHEIX J., FLEURIET A., JAY C. 2005.** LES COMPOSES PHENOLIQUES DES VEGETAUX, UN EXEMPLE DES METABOLITES SECONDAIRES. COLLECTION BIOLOGIE, PP.1-11
- **MACHEIX, J.-J., ET AL. (2005).** LES COMPOSES PHENOLIQUES DES VEGETAUX: UN EXEMPLE DE METABOLITES SECONDAIRES D'IMPORTANCE ECONOMIQUE, PPUR PRESSES POLYTECHNIQUES.
- **MAGED. A.S. (2003).** NEW ESTER AND FUROCOUMARINS FROM THE ROOTS OF PITURANTHOS TOTRUOSUS. *J. BRAZ. CHEM. SOC.* 14: 48-56P.
- **Maizura M., Aminah A. and Wan Aida W. M., 2011.** Total phenolic content and antioxidant activity of kesum (*Polygonum minus*), ginger (*Zingiber officinale*) and turmeric (*Curcuma longa*) extract. *International Food Research Journal*, 18: 529-534.
- **Makkar H.P.S., 2003.** Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tanninrich feeds. *Small Ruminant Research*, 49: 241-256.
- **Mallea J. R 1979.** Multiculturalism and Education: A select bibliography, Toronto : OISE. And the Ontario Ministry of culture and Recreation.

- **Mazimba O., Wale K., Kwape T.E., Mihigo S. O., Kokengo B. M., 2015.** Cinnamomum verum: Ethylacetate and methanol extracts antioxidant and antimicrobial activity. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 3(3): 28-32.
- **Mehdi R.A., Masoomch S.G., Mohammad B.R., et al. 2009.** Chemical composition and antiaflatoxicogenic activity of *Carum carvi* L., *Thymus vulgaris* and *Citrus aurantifolia* essential oils. *Food Contr.*, 20(11): 1018-1024.
- **Mitjavila S., Lacombe G., Carrera G. and Derache R., 1997.** Tannic acid and oxidized tannic acid on the functional state of rat intestinal epithelium. *J. Nutr.*, pp: 2113-2121.
- **Mohd Zainol, M.K., Abdul-Hamid A., Abu Bakar, F. and Pak Dek, S., 2009.** Effect of different drying methods on the degradation of selected flavonoids in *Centella asiatica*. *International Food Research Journal* ; 16: 531-537.
- **MUELLER, L. ET BOEHM, V. (2011).** ANTIOXIDANT ACTIVITY OF B-CAROTENE COMPOUNDS IN DIFFERENT IN VITRO ASSAYS. *MOLECULES*, 16, 1055-1069.
- **MURTHY HN, LEE E-J, PAEK K-Y (2014)** PRODUCTION OF SECONDARY METABOLITES FROM CELL AND ORGAN CULTURES: STRATEGIES AND APPROACHES FOR BIOMASS IMPROVEMENT AND METABOLITE ACCUMULATION. *PLANT CELL TISSUE ORGAN CULT PCTOC* 118:1–16. DOI: 10.1007/s11240- 014-0467-7/
- **NAIK PM, AL-KHAYRI (2016)** IMPACT OF ABIOTIC ELICITORS ON IN VITRO PRODUCTION OF PLANT SECONDARY METABOLITES: A REVIEW. 1(1): 7. *J ADV RES BIOTECH* 1:7. /
- **NAJJAA, H., ET AL. (2011).** "DIFFERENCES ET SIMILITUDES DES METABOLITES SECONDAIRES CHEZ DEUX ESPECES DU GENRE ALLIUM, ALLIUM ROSEUM L. ET ALLIUM AMPELOPRASUM L." *ACTA BOTANICA GALLICA* 158(1): 111-123.
- **NARAYANA K. R., REDDY M. S., CHALUVADI M. R. ET KRISHNA D. R. 2001.** BIOFLAVONOIDS
- **NAVELLIER P., ET JOLIVET H., 1965.** EPICES, AROMATES, HERBES ET CONDIMENTS. MODIFICATEURS DES CARACTERES ORGANOLEPTIQUES DES DENREES. *ANNALE DE LA NUTRITION ET DE L'ALIMENTATION*, 19 (5), 449-480.
- **NILE SHIVRAJ HARIRAM., PARK, SE WON ,** EDIBLE BERRIES: BIOACTIVE COMPONENTS AND THEIR EFFECT ON HUMAN HEALTH. *NUTRITION VOLUME 30, ISSUE 2, FEBRUARY 2014, PAGES 134-144.*
- **NKHILI, E-Z. (2009).** POLYPHENOLS DE L'ALIMENTATION: EXTRACTION, INTERACTIONS AVEC LES IONS DU FER ET DU CUIVRE, OXYDATION ET POUVOIR ANTIOXYDANT. THESE DE DOCTORAT, UNIVERSITE D'AVIGNON ET DES PAYS DE VAUCLUSE, MONTPELLIER.

- OCTAVIO PAREDES-LÓPEZ, MARTHA L. CERVANTES-CEJA, MÓNICA VIGNA-PÉREZ & TALÍA HERNÁNDEZ-PÉREZ , BERRIES: IMPROVING HUMAN HEALTH AND HEALTHY AGING, AND PROMOTING QUALITY LIFE—A REVIEW, PLANT FOODS FOR HUMAN NUTRITION VOLUME 65, PAGES299–308(2010).
oxydant. 1re éd Paris, France: Edt Tech and Doc et Edts Médicales Internationales. 1– 492
- **Oyaizu M.** (1986) Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. Japanese Journal of Nutrition 44: 307-315
- **PALOZZA, P., LUBERTO, C., CALVIELLO, G., RICCI, P. ET BARTOLI, G. M. (1997).** ANTIOXIDANT AND PROOXIDANT ROLE OF B-CAROTENE IN MURINE NORMAL AND TUMOR THYMOCYTES: EFFECTS OF OXYGEN PARTIAL PRESSURE. FREE RADICAL BIOLOGY AND MEDICINE, 22, 6, 1065-1073.
- **PARK, D.-K. (1994).** ANTIOXIDANT ACTIVITY OF B-CAROTENE RELATED CAROTENOIDS OF PEROXYL RADICAL MEDIATED LIPID PEROXIDATION. KOREAN BIOCHEMISTRY JOURNAL, 27, 6, 479-483.
- **Parmar V.S., Jain S.C., Bisht K.S., Jain R., Taneja P., Jha A., Tyagi O.D., Prasad A.K., Wengel J., Olsen C.E., Boll P.M., 1997.** Phytochemistry of the genus Piper. Phytochemistry, 46:597–673
- **Patrick A, Samuel.B, Elizabeth.H, Marc.L et Guillaume.M., 2006.** Cuisine auxépices. Ed ARTEMIS. P7, 8.
- **Pelissier E, 2012.** Brioche tue plus que le cholestérol : Combattre l'inflammation. Ed ODILE JACOB. Paris. P175, 188.
- **Perchellet E.M., Moutaseb H.U., Makkar H.P.S. and Perchellet P., 1996.** Ability of tannins extracted from various tree leaves to inhibit the biomarkers of tumor promotion in mouse skin in vivo. Int. J. Oncol., 9 : 80-809.
- **PETER K.2001.** IN PETER INTRODUCTION :HANDBOOK OF HERBS AND SPICES. PUBLISHED BY WOODHEAD PUBLISHING LIMITED.PP332.
- **Peter K.2001.** in peter introduction :Handbook of herbs and spices. Published by Woodhead Publishing Limited.pp332.
- **PIERCE, J. P., NATARAJAN, L., SUN, S. ET AL, E. (2006).** INCREASES IN PLASMA CAROTENOID CONCENTRATIONS IN RESPONSE TO A MAJOR DIETARY CHANGE IN THE WOMEN'S HEALTHY EATING AND LIVING STUDY. CANCER EPIDEMIOLOGY, BIOMARKERS & PREVENTION, 15, 1886-1892.
- **Pinta M., Bourdou B., Rousselet F. (1980)** Spectrophotométrie d'absorption atomique. Masson et Arston (Eds). Paris, 478p

- **Podsedek, A., 2007.** Natural antioxidants and antioxidant capacity of brassica vegetables: A review. *LWT_Food Sci. Technol.* 40;1-11.
- **Prasad K.N., Yang B., Dong X., Jiang G., Zhang H., Xie H., Jiang Y., 2009.** Flavonoid contents and antioxidant activities from *Cinnamomum* species. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 10, 627-632.
- **Priyadarsini K. I., 2014.** The Chemistry of Curcumin: From Extraction to Therapeutic Agent. *Molecules*, 19: 20091-20112.
- **Przygodzka M., Zielin H., Zuzana S., Kukurová K. C and Lamparski G., 2014.** Effect of selected spices on chemical and sensory markers in fortified rye-buckwheat cakes. *Food Science & Nutrition*, 4(4): 651–660.
- **Quezel P., et Santa S, 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. C.N.R.S. (Ed). Paris, p565.
- **Quintas M., Branda et Silva C ., 2007.** Modelling autocatalytic behaviour of a food model system sucrose thermal degradation at high concentrations. *Journal of Food Engineering*, 78(2),537–545.
- **RAGHAVAN S., 2007.** HANDBOOK OF SPICES, SEASONINGS, AND FLAVORINGS. 2ND ED. CRC PRESS, TAYLOR & FRANCIS GROUP, BOCA RATON.
- **RAGHAVAN SH.2007.**HANDBOOK OF SPICES SEASONINGS AND FLAVORINGS. CRC PRESS
- **Raghavan Sh.2007.**handbook of spices seasonings and flavorings. CRC Press
- **RAMAKRISHNA A, RAVISHANKAR GA (2011)** INFLUENCE OF ABIOTIC STRESS SIGNALS ON SECONDARY METABOLITES IN PLANTS. *PLANT SIGNAL BEHAV* 6:1720–1731. DOI: 10.4161/PSB.6.11.17613 /
- **RAVEN P., EVERT R, ET EICHHORN S., 2000.** BIOLOGIE VEGETALE. ED DE BOECK. PARIS. P32, 33/
- **REDDY. N.S. ; GUMIREDDY. K. ; MALLIREDDIGARI. M.R. (2005).** BIOORGANIC AND MEDICINAL CHEMISTRY LETTERS. 13: 3141-3147p.
- **REESE. J.C. ; CHAN. B.G. ; WAISS. A.C. (1982).** EFFECTS OF COTTON CONDENSED TANNIN, MAYSIN (CORN) AND PINITOL (SOYBEANS) ON *HELIOTHIS ZEA* GROWTH AND DEVELOPMENT. *JOURNAL OF CHEMICAL ECOLOGY*. 8: 1429-1436p.
rente : principes généraux. *Cahiers de nutrition et de diététique*. 48 : 218-224.
rente : principes généraux. *Cahiers de nutrition et de diététique*. 48 : 218-224.
- **RICHTER G, 1993.** METABOLISME DES VEGETAUX. PHYSIOLOGIE ET BIOCHIMIE. ED. PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRE ROMANDES, 322-323.
- **RICHTER G, 1993.** METABOLISME DES VEGETAUX. PHYSIOLOGIE ET BIOCHIMIE. ED.

- **SARNI-MANCHADO P, CHEYNIER V.** LES POLYPHENOLES EN AGROALIMENTAIRE. LAVOISIER (TECH & DOC). PARIS. 2006 .
 - **SARNI-MANCHADO P. ET CHEYNIER V. 2006.** LES POLYPHENOLS EN AGROALIMENTAIRE. ED LAVOISIER. P2- 10.
 - **SCALBERT, A.,MANACH, C.,MORAND, C.,RÉMÉSY, C. (2005).**DIETARY POLYPHENOLS AND THE PREVENTION OF DISEASES. CRITICAL REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND NUTRITION, 45: 287–306.
 - **Schofield P., Mbugua D.M., Pell A.N.** (2001) analysis of condensed tannins a review. *Anim. feed. sci. tech.* 91:21-40
 - **Sergent O, Griffon B, Cillard P, Cillard J (2000).** Alcool et stress oxydatif. *Pathol Biol.* 49: 689-695
 - **Shoba G., Joy D., Joseph T., Majeed M., Rajendran R., srinivas P.S., 1998.** Influence of piperine on the pharmacokinetics of curcumin in animals and human volunteers, *Planta. Med.*, 64(4): 353-6.
 - **SHOBANA S., AKHILENDER NAIDU K.2000.**ANTIOXIDANT ACTIVITY OF SELECTED INDIAN SPICES. PROSTAGLANDINS, LEUKOTRIENES AND ESSENTIAL FATTY ACIDS. 62(2).PP 107–110.
 - **Singh A.K., Pandey M.B., Singh U.P. 2007.** Antifungal activity of an alkaloid allosecurinine against some fungi. *Mycobiol*, 35: 62–64.
 - **Singleton V.L., Rossi Joseph A.Jr.** (1965) Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *Am. j. enol. vitic.* 16:144-158
 - **Singleton V.L. and Rossi J.A. 1965.** Colorimetry of total phenolics with phpsphomolybdic-phosphotungstic acide reagents. *American Jornal of Enology and viticulture* 16: 144-158.
 - **SOPHIE J, 2006.** LA CULTURE DES PLANTES AROMATIQUES, P 91,92.
 - **Sophie J, 2006.** La culture des plantes aromatiques, p 91,92.
 - **Sorg. O. (2004).** Oxidative stress: a theoretical model or a biological reality. *Comptes Rendus Biologies.* 327: 649-662.
- species: role in inflammatory disease and progression to cancer. *Biochem J.* 313 (1): 17-
- **TAIZ L., ZEIGER E., 2010.** PLANT PHYSIOLOGY, SINAUER ASSOCIATES, INC., SUA.
 - **TAIZ L., ZEIGER E., 2010.** PLANT PHYSIOLOGY, SINAUERASSOCIATES,INC., SUA
 - **Takahama U, 1986.** Spectrophotometric study on the oxidation of rutin by horseradish peroxidase and characteristics of the oxidized products. *BBA - General Subjects*, Vol. 882(3): 445-451.

- **TAYLOR & FRANCIS GROUP.** SECOND EDITION. PP 352.
- **Taylor & Francis Group.** Second edition. pp 352.
- **Vican P., 2001.** Encyclopédie des plantes médicinales. Larousse (Ed). Paris, p 355.
- **Vuorela, 2005.** Analysis, isolation, and bioactivities of rapeseed phenolics. University of Helsinki Department of Applied Chemistry and Microbiology Food Chemistry.
- **W –ERDMAN J., BALENTINE J. D., ARAB L., BEECHER G., DWYER J. T., FOLTS J., HARNLY.,**
- **WANG, X.-D. ET RUSSELL, R. M. (1999).** PROCARCINOGENIC AND ANTICARCINOGENIC EFFECTS OF B-CAROTENE. NUTRITION REVIEWS, 57, 9, 263-272
- **Wichtl M ; Anton R., 2003.** Plantes thérapeutiques. 2e édition, Tec & Doc. Paris. p 692.
- **Wilfred V, and A. Ralph, (2006).**The Phenolic Compounds. Purdue University, West
- **Wiseman H, Halliwell B (1996).** Damage to DNA by reactive oxygen and nitrogen.
- **Yolanda Y.P., Jiménez F.E., Zamilpa A., Hernandez V.M., Francisco J.A.A., Tortoriello J. (2007)** effect of polyphenol rich extract from Aloe vera gel on experimentally induced insulin resistance in mice. The American journal of Chinese medicine 35:1037-1046.
- **Yordi E. G., Pérez E. M., Matos M. J. and Villares E. U., 2012.** Antioxidant and Pro-Oxidant Effects of Polyphenolic Compounds and Structure-Activity Relationship Evidence. Nutrition, Well-Being and Health, pp: 2-48.

ANNEXES



Enquête sur les épices²

Lieu _____ مكان الاستبيان
Date _____ تاريخ الاستبيان
Enquêteur _____ الباحث

Informations personnelles

Numéro d'identification _____	رقم التعريف _____
Sexe	الجنس
<input type="checkbox"/> Féminin (أنثى) ①	<input type="checkbox"/> Masculin (ذكر) ②
Âge _____	السن _____
Interrogé	المستجوب
<input type="checkbox"/> Ménages (البيت) ①	<input type="checkbox"/> Herboristes (بائع أعشاب) ③
<input type="checkbox"/> Scientifique (علمي) ②	
Niveau d'instruction	مستوى التعليم
<input type="checkbox"/> Analphabète (دون مستوى) ①	<input type="checkbox"/> Secondaire (ثانوي) ④
<input type="checkbox"/> Primaire (ابتدائي) ②	<input type="checkbox"/> Graduation (التدرج) ⑤
<input type="checkbox"/> Moyen (متوسط) ③	<input type="checkbox"/> Poste graduation (بعد التدرج) ⑥

Information sur les épices

Utilisez-vous les épices	<input type="checkbox"/> Non ①	<input type="checkbox"/> Oui ①	هل تستعمل البهارات؟
<input type="checkbox"/> Jamais (أبدا) ①	<input type="checkbox"/> Fréquemment (عادة) ③		
<input type="checkbox"/> Rarement (نادرا) ②	<input type="checkbox"/> Tous le temps (دائما) ④		
Connaissez-vous leur importance ?	<input type="checkbox"/> Non ①	<input type="checkbox"/> Oui ①	هل تعرف أهميتها؟
D'où es que les obtenez-vous ?			من أين تحصل عليها؟
<input type="checkbox"/> Épicerie (محل بهارات) ①	<input type="checkbox"/> Marché (السوق) ③		
<input type="checkbox"/> Alimentation générale (مواد غذائية) ②			
Comment sont-ils conservés			كيف تحفظ؟
<input type="checkbox"/> Avec emballage (مغلقة) ①	<input type="checkbox"/> Sans emballage (غير مغلقة) ②		
Comment le stockez-vous ?			كيف تخزنها؟
<input type="checkbox"/> À l'abri de la lumière (في الظل) ①	<input type="checkbox"/> Boites en plastique (بلاستيك) ④		
<input type="checkbox"/> Réfrigérateur (الثلاجة) ②	<input type="checkbox"/> Boites en verre (زجاج) ⑤		
<input type="checkbox"/> Congélateur (مجمد) ③	<input type="checkbox"/> Près du four (قرب الموقد) ⑥		
Dans quel intérêt les utiliser-vous			ما الغرض من استعمالها؟
<input type="checkbox"/> Cuisson (الطبخ) ①			
<input type="checkbox"/> Cosmétique (التجميل) ②			
<input type="checkbox"/> Thérapeutique (التداوي) ③			

¹ Laboratoire de biotoxicologie, Département de biologie, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Djillali Liabes- Sidi Bel-Abbes, CRU (Ex : CFTE)

² Réalisé par Bouazza Sofiane et Mai Hichem 2018

Annexe 02 : Principaux constituants des différents mélanges "Ras el hanout" selon les herboristes. ANNOU Ghannia, (2017)

mélanges	Mélange 1	Mélange 2
Taux % d'épices		
Noix de muscade	1.15	4.35
Poivre	4.97	8.28
Cannelle	3.94	4.02
Curcuma	5.21	5.45
Gingembre	5.17	7.63
Fenouil	4.2	12.60
Cumin	3.89	13.10
Anis vert	3.81	8.43
Coriandre	62.06	22.79
Carvi	5.49	13.30

الهدف من دراستنا هو توصيف المعلمات الفيزيائية والكيميائية لـ خليط من التوابل (محتوى الماء, محتوى الرماد ومحتوى الدهون) ، وتحديد قدرة مضادات الأكسدة ، بما في ذلك تحديد كمية المكونات النشطة ، وخاصة "المستقلبات الثانوية": الكاروتينات والعفص: قابل للتحلل بالماء والمكثف ، والآثار البيولوجية لمزيج من التوابل المستخدمة بشكل خاص في المنطقة الشمالية الغربية بالجزائر. البهارات المختارة هي الزنجبيل, الكركم, القرفة, الفلفل الأحمر والكمون. أظهرت نتائج عنو، (2017) على خليط "رأس الحانوت" ، الأقرب في تركيبته إلى خليط التوابل ، أن جرعة البوليفينول, الفلافونويد والعفص كشفت عن ثراء الكركم بالبوليفينول والفلافونويد والمحتويات العالية من العفص المكثف والتانينات القابلة للتحلل في القرفة. أقل التوابل نسبة من هذه المستقلبات هي الكزبرة للبوليفينول والفلافونويدات ، والكركم والكزبرة والكاراوية لتانينات. بالإضافة إلى ذلك ، كشفت نتائج غيلاني ، (2016) أن تحديد المستقلبات الموصوفة بعد المعالجة الحرارية للمستخلصات أظهرت أن مركبات الفلافونويد هي الأكثر مقاومة للحرارة. أتاحت النتائج التي تم الحصول عليها إبراز الدور الذي يمكن أن تلعبه هذه التوابل في الحفاظ على الغذاء والوقاية من الأمراض التي تسببها الجذور الحرة.

الكلمات الرئيسية: خليط التوابل؛ التوابل؛ المستقلب الثانوي ، المعالجة الحرارية ، التحليل الفيزيائي الكيميائي.

Résumé

Le but de notre étude est de caractériser les paramètres physico-chimiques du MelEpi (Teneur en eau, taux de cendre et teneur en matière grasse), et de déterminer la capacité antioxydante dont la quantification des principes actifs « métabolites secondaires » principalement: les caroténoïdes et les tannins: hydrolysables et condensés, d'un mélange d'épices utilisées particulièrement dans la région du nord- ouest Algérien. Les épices sélectionnées sont le gingembre, curcuma, cannelle, piment rouge et le cumin. Les résultats d'Annou, (2017) sur le mélange de « Ras El-Hanout », le plus proche dans sa composition à notre MelEpi, ont prouvé que le dosage des polyphénols, des flavonoïdes et des tanins a révélé la richesse du curcuma en polyphénols et en flavonoïdes et les fortes teneurs en tanins condensés et en tanins hydrolysables dans la cannelle. Les épices les moins dotées en ces métabolites étant la coriandre pour les polyphénols et les flavonoïdes, et le curcuma, la coriandre et le carvi pour les tanins. Par ailleurs, les résultats de Ghilani, (2016) ont révélé que le dosage des métabolites décrits après le traitement thermique des extraits a témoigné que les flavonoïdes sont les plus thermostables. Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence le rôle que peut jouer ces épices dans la conservation des aliments et la prévention de maladie causées par de radicaux libre.

Mots clés : MelEpi, épice ; métabolite secondaire, traitement thermique, analyse physico-chimique.

Abstract

The aim of our study is to characterize the physico-chemical parameters of MelEpi (watercontent, ash content and fat content), and to determine the antioxidant capacity, including the quantification of the active ingredients, mainly "secondary metabolites": carotenoids and tannins: hydrolyzable and condensed, of a mixture of spices used particularly in the north-western region of Algeria. The selected spices are ginger, turmeric, cinnamon, red pepper and cumin. The results of Annou, (2017) on the mixture of "Ras El-Hanout", the closest in its composition to our MelEpi, proved that the dosage of polyphenols, flavonoids and tannins revealed the richness of turmeric in polyphenols and flavonoids and the high contents of condensed tannins and hydrolyzable tannins in cinnamon. The spices least endowed with these metabolites being coriander for polyphenols and flavonoids, and turmeric, coriander and caraway for tannins. In addition, the results of Ghilani, (2016) revealed that the determination of the metabolites described after the heat treatment of the extracts showed that the flavonoids are the most thermostable. The results obtained have made it possible to highlight the role that these spices can play in the preservation of foods and the prevention of disease caused by free radicals.

Keywords: MelEpi, spice; secondary metabolite, heat treatment, physico-chemical analysis.