



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشاذلي بن جديد – الطارف
Université Chadli Bendjedid – El Tarf
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
قسم الكيمياء
Département de Chimie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la matière

Filière : Chimie

Spécialité : Chimie Analytique

Thème

Dosage des polyphénols, des flavonoïdes et des saponosides de la plante
de *l'artichaut* et leur activité biologique.

Présenté par : DJEDDAI Noamane

Devant le Jury :

Président : Dr. TOUDERT Nadia	MCB	Univ Chadli Bendjedid El Tarf
Rapporteur : Dr. BOUGHRARA Boudjema	MCB	Univ Chadli Bendjedid El Tarf
Examinatrice : Dr. CHELOUFI Hadjer	MCB	Univ Chadli Bendjedid El Tarf

Année Universitaire 2022-2023

Remerciements

Avant toute chose, je tiens à remercier mon miséricorde Dieu qui m'a donné la force et la patience.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à mon encadreur BOUDJEMA BOUGHRARA pour sa confiance, son soutien, son attention, ses bons conseils, ses qualités humaines. Pour tout cela, je tiens à lui exprimer toute ma gratitude Pour ces encouragements et surtout pour la grande patience qu'il a manifestée, Aujourd'hui je témoigne que je vous suis redevable et je vous remercie par l'occasion, pour avoir bien voulu examiner mon travail.

Je remercie les membres de jury d'avoir bien voulu accepter de juger ce travail, je vous en Suis très reconnaissante et en espérant être à la hauteur de votre confiance.

Enfin, je tiens à remercie profondément toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'achèvement de ce travail.

A tous les enseignants et le personnel de l'université CHADLI BENDJEDID-EL TARF.



Dédicace

Je dédier ce modeste travail :

Avec l'aide de bon dieu, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie

A :

Ma famille **DJEDDAI** et aux personnes les plus chères au monde

Mes chers parents ;

A ma très chère mère **NOURA** ;

Tu es l'exemple de sacrifices et de dévouement qui n'a pas cessé de

M'encourager et de prier pour moi. Et Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver t'accorder
santé, longue vie et bonheur.

A mon père **TAYEB** ;

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon

Éducation et mon bien être. Ce travail est fruit de tes sacrifices qui tu as consentis pour mon
éducation et ma formation.

Mes chers amis, **DJEDDAI ala, DJEDDAI riad, DJEDDA farid, DJEDDAI abd el
rahman, DJEDDAI zina, KHERICI soufien, SNANI taki eddine, ROUIBI bader eddine
EDDINE, TALHI bader eddine, ATHAMNIA aymen, BOUZIAN tarek, TALHI achref,
DJEDDAI khaled, DJEDDAI rachid , DJEDDAI mabrouk, LABIDI raouf, DJELAMDA
aissa, DJELAMDA hamza ,ABBAS salah**

NOAMANE



Résumé

Ce travail porte sur la valorisation des fibres d'artichaut (*Cynara scolymus* L.) collectés dans région de l'Est Algérien (El-Tarf). Le rendement d'extraction des polyphénols, des flavonoïdes, et des saponines l'ordre de 18,3%, 17,1% et 12,5%.

L'analyse par spectrophotométrie de la fraction phytochimique a révélé que l'extraits riche en polyphénols, flavonoïdes et saponines sont respectivement, $0,869 \pm 0,058$ mg EAG/g MS ; 51,191mg EC/g MS et 8.312 mg EQ/g MS.

L'activité antioxydant testée avec le radical DPPH et le FRAP a montré des IC_{50} remarquables respectivement de l'ordre de $2,97 \pm 0,02$ µg/ml et $1.39 \pm 0,01$ µg/ml.

A la lumière de ces résultats, les fibres de l'artichaut pourraient être exploitées comme une source d'agents antioxydants naturel pour des applications pharmaceutiques et alimentaires.

Mots clés : polyphénols, flavonoïdes, saponines, activités antioxydant

Summary

This work focuses on the valorization of artichoke fibers (*Cynara scolymus* L.) collected in the eastern Algerian region (El-Tarf). The extraction yield of polyphenols, flavonoids, and saponins around 18.3%, 17.1% and 12.5%.

Spectrophotometric analysis of the phytochemical fraction revealed that the extracts rich in polyphenols, flavonoids and saponins are respectively 0.869 ± 0.058 mg EAG/g MS ; 51.191mg EC/g MS and 8.312 mg EQ/g MS.

The antioxidant activity tested with the radical DPPH and the FRAP showed remarkable IC_{50} respectively of the order of 2.97 ± 0.02 μ g/ml and 1.39 ± 0.01 μ g/ml.

In light of these results, artichoke fibers could be exploited as a source of natural antioxidant agents for pharmaceutical and food applications.

Keywords : polyphenols, flavonoids, saponins, antioxidant activities

ملخص

يركز هذا العمل على تثمين ألياف الخرشوف (*Cynara scolymus* L.) التي تم جمعها في المنطقة الشرقية الجزائرية (الطارف). محصول استخلاص البوليفينول والفلافونويد والصابونين حوالي 18.3% ، 17.1% و 12.5%.

أظهر التحليل الطيفي للجزء الكيميائي النباتي أن المستخلصات الغنية بالبوليفينول والفلافونويد والصابونين هي على التوالي 0.058 ± 0.869 ملجم EAG / جم MS ; 51.191 ملجم EC / جم MS و 8.312 ملجم EQ / جم MS.

أظهر النشاط المضاد للأكسدة الذي تم اختباره باستخدام جذر DPPH و FRAP قيم IC_{50} ملحوظة على التوالي بترتيب 0.02 ± 2.97 ميكروغرام / مل و 0.01 ± 1.39 ميكروغرام / مل.

في ضوء هذه النتائج ، يمكن استغلال ألياف الخرشوف كمصدر لمضادات الأكسدة الطبيعية للتطبيقات الصيدلانية والغذائية.

الكلمات المفتاحية: البوليفينول ، الفلافونويد ، الصابونين ، الأنشطة المضادة للأكسدة

Table des matières

Remerciements	i
Résumés	iii
Table des matières	vii
Liste des abréviations	ix
Liste des figures	xi
Liste des tableaux	xii
Introduction générale	1
1^{ère} partie : Synthèse bibliographique	4
Chapitre I : Présentation de l’artichaut : Cynara scolymus L.	5
I.1 Généralités	5
I.2 Ecologie et répartition géographique	5
I.3 Description botanique de la plante	6
I.3.1 Classification botanique	7
I.4 Pièces comestibles et utilisations	7
I.5 Composition et valeur nutritionnelle	7
I.6 Propriétés de la plante	8
I.7 Phytothérapie	9
Chapitre II : Les métabolites secondaires	11
II.1 Définition et fonctions des métabolites secondaires	11
II.2 Classification des métabolites secondaires	11
II.2.1 Composés phénoliques	13
II.2.1.1 Classification des composés phénoliques	13
II.2.1.2 Acides phénoliques	14
II.2.1.3 Les flavonoïdes	14
II.2.1.4 Les tanins	16
a) Les tanins hydrolysables	16
b) Les tanins condensés	17
II.2.1.5 Les coumarines	17
II.2.1.6 Anthocyanosides	18
II.2.1.7 Quinones	18

II.2.1.8	Les terpénoïdes	19
II.2.1.9	Les Alcaloïdes	19
II.3	Généralité sur les saponines	20
II.3.1	Structure des saponines	20
II.3.2	Propriétés et activités biologiques des saponines	20
II.3.3	Distribution de saponines	21
Chapitre III : L'oxydant et l'antioxydant		22
III.1	Généralités	22
III.2	Activité antioxydante	22
III.3	Le stress oxydant	22
III.3.1	Les conséquences du stress oxydant	23
III.3.1.1	Domage d'ADN	23
III.3.1.2	Oxydation des protéines	24
III.3.1.3	Oxydation des glucides	24
III.3.1.4	Peroxydation lipidique	24
III.4	Les antioxydants	25
III.4.1	Sources d'antioxydants	26
III.4.1.1	Enzymatiques	26
a)	La catalase	26
b)	La glutathion peroxydase	26
c)	La superoxyde dismutase	27
III.4.1.2	Les polyphénols	27
2^{ème} partie : Étude expérimentale		29
IV.1	Matériel végétal	30
IV.2	Screening Phytochimiques	30
IV.2.1	Les Saponosides	30
IV.2.2	Les Flavonoïdes	30
IV.2.3	Les Tannins	30
IV.2.4	Les Alcaloïdes	31
IV.2.5	Les Huiles volatiles	31
IV.2.6	Les Quinones	31

IV.3	Extraction des polyphénols par macération à froid	31
IV.4	Extraction des flavonoïdes	31
IV.5	Extraction des saponines	32
IV.6	Dosage des polyphénols	32
IV.7	Dosage des flavonoïdes	33
IV.8	Dosage des saponines	33
IV.9	Evaluation du pouvoir antioxydant	33
IV.9.1	Piégeage du radical libre DPPH	33
a)	Principe	33
b)	Expression de l'activité antiradicalaire	34
IV.9.2	Méthode de la réduction du fer FRAP	34
3^{ème}	partie : Résultats et discussion	36
V.1	Screening Phytochimiques	37
V.2	Rendement d'extraction	37
V.3	Teneur en polyphénols	38
V.4	Teneur en flavonoïdes totaux	38
V.5	Teneur en saponines	39
V.6	Activités antioxydants	40
V.6.1	Activité balayage DPPH	40
V.6.2	FRAP	40
	Conclusion	42
	Références bibliographiques	44
	Annexes	57

Liste des abréviations

ADN : Acide désoxyribonucléique

AG : Acide gallique

AGE : Produits avancés de la glycation

AlCl₃6H₂O : Aluminum Chloride Hexahydrate

DO : Densité Optique

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

EC₅₀/IC₅₀ : CE₅₀ : Concentration effective à 50%.

ERO : Espèces réactives de l'oxygène

FeCl₃ : Chlorure ferrique

GSH : Glutathion réduit

GS-SG : Glutathion oxydé

H₂O₂ : peroxyde d'hydrogène

K₃Fe(CN)₆ : Ferricyanure de potassium

LDL : Lipoprotéines de densité légère

mg EAG/g : mg équivalent acide gallique par gramme de matière sèche

mg EC/g: mg équivalent catéchine par gramme de matière sèche

mg EC/g: mg équivalent quillaija par gramme de matière sèche

MS : Matière sèche

NaHCO : Bicarbonate de soude

NaNO₂ : Nitrite de sodium

NaOH : Hydroxyde de sodium

NH₄OH : Ammoniaque

·NO : Oxyde nitrique ou monoxyde d'azote.

OH[•] : radical hydroxyle

O₂^{•-} : Anion superoxyde

ROOH : Radical hydroxyle.

SH : Sulfhydrile

SOD : Superoxyde dismutase

UV : Ultra-violet

UV-VIS : Ultraviolet-visible



Liste des Figures

Figure 1. Artichaut <i>Cynara Scolymus</i> L	5
Figure 2. Extraits de feuilles employés pour des compléments alimentaires	10
Figure 3. Classification de quelques métabolites secondaires	12
Figure 4. Les principaux acides hydroxybenzoïques	14
Figure 5. Les principaux acides hydroxycinnamiques (phénylpropanoïdes)	14
Figure 6. Structure de base des flavonoïdes	15
Figure 7. Structure chimique d'un tanin condensé (proanthocyanidine) (A) et d'un gallotanin ou tanin gallique (1, 2,3-tri-O-galloyl- β -D-glucose) (B)	17
Figure 8. Structure de base de coumarine	17
Figure 9. Structure des anthocyanosides	18
Figure 10. Structure d'une molécule de quinone	18
Figure 11. Structure de base d'isoprène	19
Figure 12. Structures de quelques alcaloïdes	19
Figure 13. Structure de saponines	20
Figure 14. Principales espèces réactives de l'oxygène et enzymes antioxydantes	23
Figure 15. Mécanisme de la peroxydation lipidique	25
Figure 16. Rôle des enzymes antioxydantes dans le processus d'inactivation de l'ion superoxyde	27
Figure 17. Propriétés réductrices des polyphénols	28
Figure 18. L'artichaut (<i>Cynara scolymus</i> L)	30
Figure 19. Réaction du radical DPPH avec un donneur d'hydrogène (antioxydant)	34
Figure 20. Courbe d'étalonnage des polyphénols avec l'acide gallique	38
Figure 21. Courbes d'étalonnages de catéchine	39
Figure 22. Courbe d'étalonnage	39
Figure 23. La capacité antioxydant de l'extrait des fibres d'artichaut	40
Figure 24. Courbe d'étalonnage (FRAP)	41

Liste des tableaux

Tableau 1. Classification de l’artichaut	6
Tableau 2. Valeur alimentaire comparative de quelques cultures maraîchères	8
Tableau 3. Les principales classes de composés phénoliques	13
Tableau 4. Quelques classes de flavonoïdes	15
Tableau 5. Screening Phytochimiques	37
Tableau 6. Résultat rendement d’extraction	37

Introduction générale

Introduction générale

De nos jours, l'utilisation de certains antioxydants synthétiques a été suspendue en raison de leurs effets néfastes sur la santé humaine, entre autres l'effet cancérigène. De ce fait les traitements à base des plantes et le retour à la médecine traditionnelle sont revenus au premier plan, d'autant plus que la phytothérapie propose des remèdes à base d'extraits naturels qui sont bien acceptés par l'organisme. La recherche s'est alors concentrée sur l'investigation de nouvelles sources d'antioxydants naturels d'extraits à partir de plantes ou de microorganismes.

Les plantes médicinales représentent une source naturelle d'antioxydants grâce à leurs principaux métabolites secondaires, principalement les polyphénols et les huiles essentielles) [1]. Ces dernières mises à part leur implication dans le processus de défense de la plante, sont doués d'activités biologiques importantes et variées et incluent les effets antiallergique, antibactérien, anti carcinogène, anti-inflammatoire, anti thrombotique, antiviral, cardioprotecteur, hépatoprotecteur, vasodilatateur etc. [2]. En outre, de nombreuses substances bioactives purifiées à partir d'extraits phénoliques ou de composés volatils de plantes, sont employées comme ingrédients dans de nombreux secteurs, tels que le cosmétique, l'industrie pharmaceutique, l'agroalimentaire, l'agriculture, la pêche. La plupart de ces molécules bioactives ont été caractérisées comme étant d'excellents antioxydants qui interviennent dans le contrôle de deux types de réaction : i) le transfert d'atomes d'hydrogène et ii) le transfert d'un électron unique [3] ; [2].

La richesse de la flore algérienne en plantes médicinales et aromatiques est incontestable. Selon certains auteurs, on dénombre, dans la nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, 289 espèces assez rares, 647 rares, 640 très rares, 35 rarissimes et 168 endémiques [4]. La majorité d'entre elles poussent en milieux fragiles et demeurent très peu étudiées. Leur utilisation au niveau de n'importe quel secteur, sollicite l'intérêt récent des études pharmacologiques où de tests de toxicité.

Diverses propriétés médicinales ont été attribuées aux fruits, aux feuilles, aux racines et/ou son écorce de l'artichaut. Des études chimiques effectuées sur les fibres de l'artichaut ont montré la présence des flavonoïdes, anthocyane, polyphénols, lactone, potassium, phosphore, magnésium, cuivre, vitamine C, vitmineB₃....

En vue d'apporter une contribution à la connaissance de l'espèce *Cynara scolymus* L. (artichaut) notre travail, a été réalisé en trois parties :

Introduction générale

- Dans la première partie, une synthèse bibliographique menée sur l'espèce sélectionnée appartenant à la famille des astéracées, *Cynara scolymus* ainsi que sur les métabolites secondaires de la plante et leurs activités biologiques.
- Dans la deuxième partie le travail est expérimental, qui consiste en :
 - Préparation et détermination des rendements d'extraction (polyphénols, flavonoïdes, et saponines).
 - Extractions sélectives des familles prépondérantes notamment les composés phénoliques, les flavonoïdes et les saponines.
 - Dosage des polyphénols, des flavonoïdes, et des saponines.
 - Evaluation de l'activité antioxydant (DPPH, FRAP).
- Dans la 3^{ème} partie : Résultats et discussion.

1^{ère} partie : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Présentation de l'artichaut : *Cynara scolymus* L.

I.1 Généralités

Le nom botanique de l'artichaut (*Cynara scolymus* L.) est dérivé en partie de la tradition de la fertilisation de la plante avec des cendres (latin : cinis, cineris), et en partie de mot grec skolymos, signifiant « thistle » des épines trouvées sur les bractées (elles ne sont pas des feuilles) qui enferment la fleur formant la partie comestible de la plante [5].

L'artichaut est une espèce qui a été connu depuis le IV^{ème} siècle comme aliment et remède [5].

Au Moyen-Orient on appelle souvent l'artichaut « ardhi-chouki », qui signifie littéralement « épine de terre ». Les mots « Artichaut » en français, « Carciofo » en italien, « Artichoke » en anglais, « Alcachofa » en espagnol et « Artishoke » en allemand, trouvent tous leur origine dans le mot arabe « Harsciof », qui signifie « épine de terre » [6].

L'artichaut, *cynara scolimus*, est un légume qui nous vient des régions méditerranéennes [7].

La partie consommée est le capitule floral que l'on récolte avant qu'il ne s'ouvre, donc avant la floraison réelle. Les feuilles d'artichaut sont en fait des bractées, le « fond d'artichaut » étant le réceptacle floral [8].



Figure 1. Artichaut *Cynara Scolymus* L. [9].

I.2 Ecologie et répartition géographique

L'artichaut est particulièrement répandu dans le bassin méditerranéen, lieu de son origine où le climat est caractérisé par des étés chauds et des hivers doux [10].

Aujourd'hui, il est cultivé dans presque toutes les régions du globe (Afrique du Nord Amérique du Sud, Argentine, États-Unis, Italie, France, Espagne, Angleterre et Chine...) [11] où les

Chapitre I : Présentation de l'artichaut : *Cynara scolymus* L.

conditions climatiques sont appropriées : été frais avec des températures moyennes inférieures à 18°C et des hivers doux sans gel avec des températures moyennes comprises entre 4°C et 10°C [12]. La température la plus appropriée pour la vernalisation varie de 2°C à 7°C. Dans ces régions, la production est possible toute l'année [13]. Elle Nécessite également de longues périodes d'ensoleillement, avec une photopériode critique de 10,5 heures, avec une gamme de pH allant de 6 à 8 [14].

La plante est très exigeante en eau. Les besoins les plus importants se situent au moment de la plantation et au redémarrage de la végétation pour une culture de 2^{ème} année.

L'artichaut exige des sols meubles, profonds, riches en humus et sans excès d'humidité, il valorise les sols salés [15].

I.3 Description botanique de la plante

L'artichaut est une plante herbacée vivace. Inconnu à l'état spontané, c'est une forme culturale de *Cynara cardunculus* originaire du bassin méditerranéen. La partie souterraine est un gros rhizome pourvu d'un puissant système racinaire. La tige est dressée, cannelée, ramifiée, et mesure de 1 à 1,5m. La première année apparaît une rosette de grandes feuilles, larges, vert grisâtre, profondément découpées, à nervures très saillantes, non épineuses, blanchâtres et tomenteuses sur la face inférieure. La tige qui apparaît généralement la deuxième année, porte dans sa partie supérieure des feuilles presque entières, plus petites et sessiles. Les feuilles peuvent atteindre près de 1m. Les fleurs bleu violacé, tubulées, sont disposées en gros capitules solitaires verts ou violacés. Elles sont hermaphrodites et apparaissent généralement la deuxième année. Ces capitules terminaux, très gros, dont la taille peut dépasser 10cm de diamètre, sont constitués d'un réceptacle charnu, hérissé de soies, entouré par un involucre de bractées ovales, charnues à la base et pointues au sommet. La formule florale est : 5 S + 5 P + 5 E + 1 C. Les fruits sont des akènes ovoïdes, généralement brun foncé, couronnés d'une aigrette blanche [16].

Chapitre I : Présentation de l'artichaut : *Cynara scolymus* L.

I.3.1 Classification botanique

Tableau 1. Classification de l'artichaut

Règne	Végétal
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Asterales
Famille	Asteraceae
Genre	<i>Cynara</i>
Espèce	<i>Cynara cardunculus</i>
Variété	<i>Cynara cardunculus</i> var. <i>scolymus</i> L.
Noms vernaculaires	Artichaut (français), artichoke (anglais), ardi chawki (arabe), qarnoun (en Algérie)

I.4 Pièces comestibles et utilisations

Les têtes d'artichaut sont consommées, soit crues soit cuites. Il faut cependant prendre soin de retirer le foin (pour les plus gros spécimens) et les « feuilles », ou bractées, les plus à l'extérieur qui sont trop coriaces et plutôt amères. Le petit artichaut violet poivrade est consommé entier, ou pelé et cuit rapidement. Certaines variétés violettes italiennes se mangent spécialement crues, tranchées finement, avec du sel, du jus de citron et de l'huile d'olive. L'artichaut peut être cuit à l'eau salée, à la vapeur, au four à micro-ondes, au four, braisé, etc. On le mange chaud, tiède ou froid, seul ou accompagné par exemple d'une vinaigrette ou d'une mayonnaise.

Le cœur, fréquemment mis en conserve ou mariné, peut être incorporé aux salades et aux hors-d'œuvre ou employé comme garniture. Les vraies feuilles, celles qui poussent le long de la tige, sont également comestibles une fois blanchies ou cuites [17].

I.5 Composition et valeur nutritionnelle

L'artichaut est une source élevée de fibres avec 4,7 g pour un artichaut de taille moyenne, ils sont constitués de substances qui ne sont pas digérées par l'organisme [18].

La valeur nutritive globale du cœur d'artichaut est comparable, sinon supérieure, à celle de la majorité des cultures maraîchères (Tableau 2). Il possède une valeur énergétique élevée (47 kcal/100 g). Il est riche en protéines (2,9 à 3,27 g/100 g), en sucres (10,50 g/100 g), en sodium

Chapitre I : Présentation de l'artichaut : *Cynara scolymus* L.

(94 mg/100 g), en calcium (44,05 mg/100 g) et en fer (1,51 mg/100 g). Il constitue également un apport important en vitamines B1, B2, B3, B5, B6 et en acide folique [6, 19].

L'artichaut est une excellente source de vitamine C (60 à 100 mg/kg) et de provitamine A, de potassium et de magnésium [19, 20]. Il est aussi riche en substance amère et aromatique, la cynarine, utilisée dans la fabrication médicamenteuse, ainsi que de nombreuses enzymes, des acides alcools (malique, lactique, citrique), des acides phénols, des flavonoïdes et de l'inuline [20, 21]. Les artichauts possèdent un contenu élevé d'inuline (3 % de poids frais), ses propriétés prébiotiques sont bien connues [22].

Tableau 2. Valeur alimentaire comparative de quelques cultures maraîchères [6].

Pour 100g	Protéines (g)	Lipides (g)	Sucres (g)	Fibres (g)	Energie (Kcal)	Na (mg)	Vitamines					
							B ₁ (mg)	B ₃ (mg)	B ₆ (mg)	C (mg)	A (UI)	B ₉ (mg)
Artichaut	3.27	0.15	10.5	5.4	47	94	0.072	1.05	0.116	11.7	18	68
Carotte	1.03	0.91	10.1	3	43	35	0.097	0.928	0.147	9.3	2813	14
P de terre	2.01	0.1	18	1.6	79	6	0.088	1.48	2.26	19.7	0.0	12.8

I.6 Propriétés de la plante

L'artichaut a des propriétés dépuratives mais aussi cholérétiques. Il stimule la sécrétion biliaire par le foie et l'évacuation de la bile vésiculaire grâce à la cynarine ou acide dicaféylquinique. Mais la cynarine est essentiellement concentrée dans la tige et les feuilles de l'artichaut. Les parties que nous consommons en contiennent peu. Les infusions de feuilles sont donc les seules qui paraissent efficaces pour stimuler le foie. En revanche les polyphénols de l'artichaut aideraient à lutter contre le cancer du foie en provoquant l'apoptose des cellules cancéreuses du foie [23].

Il est légèrement diurétique grâce à son potassium et son inuline. Comme tous les diurétiques, il fait perdre de l'eau, mais pas des graisses. En revanche il pourrait intervenir dans la sensation de satiété par un effet coupe-faim. Une étude hongroise a montré que parmi les enfants et adultes obèses qui suivent un régime pauvre en calories, ceux qui ont bu un concentré de jus d'artichaut ont vu leur sensation de faim fortement diminuée. Leur indice de masse corporelle a lui aussi baissé [24].

I.7 Phytothérapie

En phytothérapie, ce sont les feuilles qui sont utilisées [25]. Ces feuilles contiennent des principes actifs tels que l'inuline, l'acide chlorogénique (composé phénolique principal), l'apigénine et la lutéoline [26]. Ces principes actifs permettent de lutter contre la perte d'appétit, le jaunisse et stimule la sécrétion biliaire ; elle augmente également la biodisponibilité du calcium, exerce un effet régulateur de transit intestinal tout en améliorant le fonctionnement du côlon, exerce un effet hypolipidémiant et hypocholestérolémiant et favorise le contrôle de la glycémie [20, 27, 28, 29]. D'ailleurs, elle peut modifier la microflore du côlon, en augmentant la prolifération et l'activité des espèces salutaires [30].

Des extraits des feuilles d'artichaut sont traditionnellement employés dans le traitement des désordres dyspeptiques et hépatiques, principalement dus à des sécrétions biliaires insuffisantes, induisant, lors de la prise d'artichaut, une normalisation de ces fonctions. L'acide 1,5- dicaféylquinique (acide chlorogénique, cynarine), et les flavonoïdes (luteolin-7-O-glucoside) sont responsables d'une augmentation de débit biliaire (cholérétique) et induisent une hépatoprotection vis-à-vis de toxiques (éthanol, tétrachlorure de carbone, α amanitine...) [21, 31, 32, 33].

Pour les artichauts, l'activité antioxydante a été attribuée aux flavonoïdes, à l'acide chlorogénique, au cynarine (dérivé d'acide caféoylquinique) et aux hétérosides de la lutéoline (figure 1.2), tous des antioxydants in vitro [32, 34]. Cette activité engendre une modification de métabolisme lipidique (effet antiathérogène) avec diminution et empêchement de la biosynthèse de cholestérol total (baisse de taux de LDL et, inversement, augmentation de la valeur des HDL) par inhibition indirecte de l'activité réductase de 3-hydroxy-3-méthylglutaryl-CoA. La lutéoline est le flavonoïde responsable de cet effet [35, 36]. Bundy et al. [37], ont conclu que la consommation des extraits des feuilles d'artichaut a eu comme conséquence une modeste mais favorable différence significative en cholestérol total après 12 semaines.

Les feuilles abaissent le taux de sucre sanguin et donc employer contre le diabète [38]. Il est aussi très efficace pour accélérer l'élimination de l'urée (diurétique) et favorise une bonne circulation du sang [39, 40].

Des extraits secs d'artichaut sont actuellement commercialisés comme drogues, principalement pour le traitement des affections hépatiques et comme remède pour l'indigestion [5, 37].

Chapitre I : Présentation de l'artichaut : *Cynara scolymus* L.

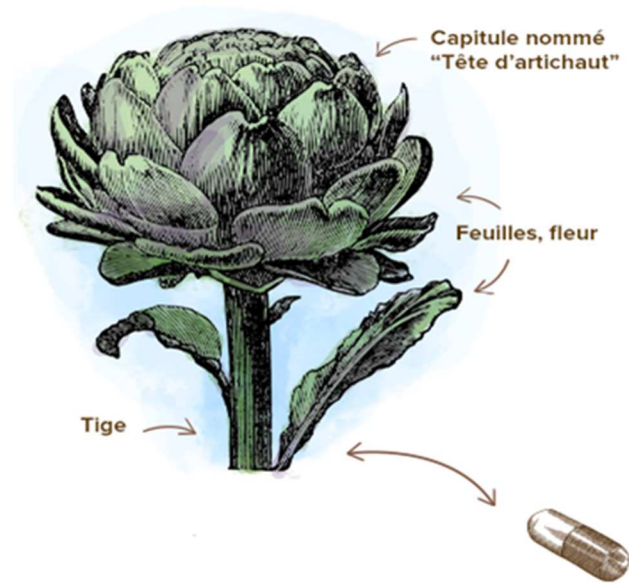


Figure 2. Extraits de feuilles employés pour des compléments alimentaires

II.1 Définition et fonctions des métabolites secondaires

Le terme « métabolite secondaire », qui a éventuellement été introduit par Albrecht Kossel en 1891, est employé pour décrire une large gamme de composés chimiques dans les plantes, qui sont responsables des fonctions périphériques indirectement indispensables à la vie des plantes telles que la communication intercellulaire, la défense, la régulation des cycles catalytiques. Les métabolites secondaires sont présents dans toutes les plantes supérieures et ont une répartition limitée dans l'organisme de la plante. Plus de 200.000 structures ont été définies et sont d'une variété structurale extraordinaire. Ces molécules marquent de manière originale, une espèce, une famille ou un genre de plante et permettent parfois d'établir une taxonomie chimique [41].

Les végétaux synthétisent naturellement les métabolites secondaires, mais qui ne participent pas aussitôt au métabolisme végétal. Ils peuvent être spécifiques aux familles, aux ordres, aux espèces, et aussi marquer aux taxa [42].

Ce sont des produits à structure chimique souvent complexe, on recense plusieurs milliers de métabolites (au moins 30.000 structures caractérisées) et classés selon leur appartenance chimique [43]. Parmi ces substances on trouve les composés phénoliques, les flavonoïdes, les tanins, les saponosides, les huiles essentielles et les alcaloïdes qui ont des intérêts multiples mis à profit dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique. De plus, ils sont reconnus pour collaborer au processus de pollinisations et comme des signaux chimiques permettant à la plante de s'adapter à l'environnement [44].

Il est indispensable de connaître la composition des plantes pour comprendre comment elles agissent sur l'organisme [45].

II.2 Classification des métabolites secondaires

Plus de 200.000 substances de métabolites secondaires ont été identifiées et appartiennent à trois classes principales [46].

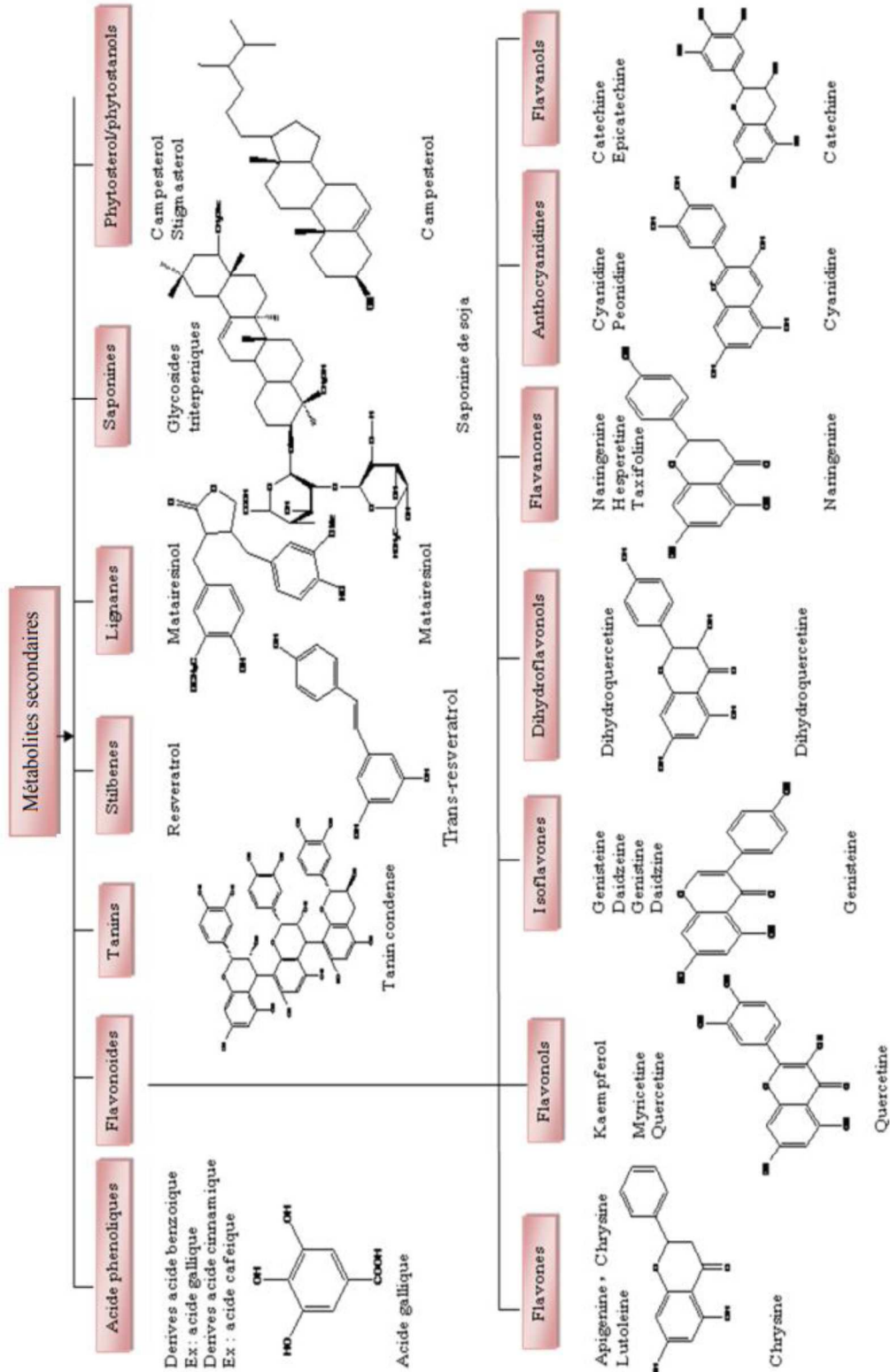


Figure 3. Classification de quelques métabolites secondaires [47].

Chapitre II : Les métabolites secondaires

II.2.1 Composés phénoliques

Les polyphénols sont des molécules synthétisées par les végétaux lors du métabolisme secondaire pour se défendre contre les agressions environnementales. Ils sont localisés dans différentes parties des plantes selon l'espèce végétale ou le groupe phénolique considéré. Ce sont des dérivés non azotés dont le ou les cycles aromatique(s) sont issus de deux grandes voies métaboliques : la voie du shikimate et celle de l'acétate [48].

Jusqu'à aujourd'hui plusieurs milliers de composés phénoliques ont été caractérisés chez les végétaux. Ils ont tous la présence d'un ou plusieurs cycles aromatiques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyle(s) [49].

II.2.1.1 Classification des composés phénoliques

Les composés phénoliques sont classés selon le nombre d'atomes de carbone dans le squelette de base, ces structures peuvent être libres ou liées à l'ester ou hétérosides [48]. Les différentes classes de ces composés phénoliques et les plantes qui les renferment sont représentées dans le tableau 3.

Tableau 3. Les principales classes de composés phénoliques [50].

Squelette carboné	Classe	Exemple	Origine
C 6	Phénols	Catéchol	Nombreuses espèces
C 6 – C 1	Acides hydroxybenzoïques	p-Hydroxybenzoïque	Epices, fraise
C 6 – C 3	Acides hydroxycinnamiques Coumarines	Acides caféïque, férulique scopolétine, esculétine	Citrus Citrus
C 6 – C 4	Naphtoquinones	Juglone	Noix
C 6 – C 2 – C 6	Stilbènes	Resvératrol	Vigne
C 6 – C 3 – C6	Flavonoïdes • Flavonois • Anthocyanes • Flavanois • Flavanones Isoflavonoïdes	Kaempférol, quercétine Cyanidine, pélagonidine Catéchine, épicatechine Naringénine Déidzéine	Fruits, légumes, fleurs Fleure, fruits rouges Pomme, raisin Citrus Soja, pois
(C 6 – C 3) 2	Lingnanes	Pinorésinol	Pin
(C 6 – C 3) n	Lignines		Bois, noyau, des fruits
(C 15) n	Tanins		Raisin rouge, kaki

II.2.1.2 Acides phénoliques

Deux classes des acides phénoliques peuvent être distinguées : dérivés de l'acide benzoïque (acides hydroxybenzoïques) (figure 4) et dérivés de l'acide cinnamique (acides hydroxycinnamiques) (figure 5) [51].

La teneur en acide hydroxybenzoïque des plantes comestibles est généralement très basse, excepté certains fruits rouges, radis noir et oignons. Le thé est une importante source d'acide gallique (4,5 g/kg). En outre, les acides hydroxybenzoïques sont des composants de structures complexes telles que les tanins hydrolysables [51].

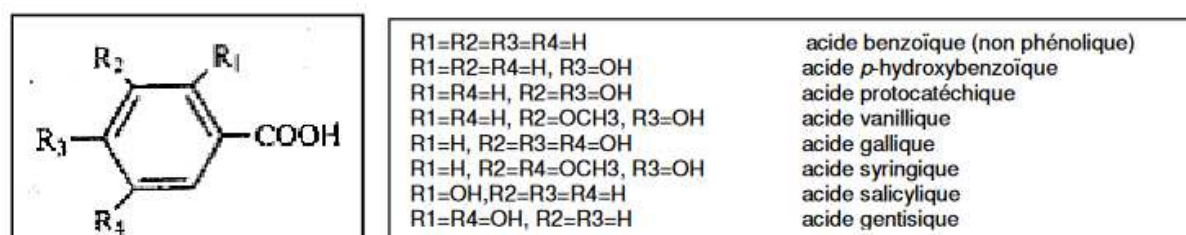


Figure 4. Les principaux acides hydroxybenzoïques [52].

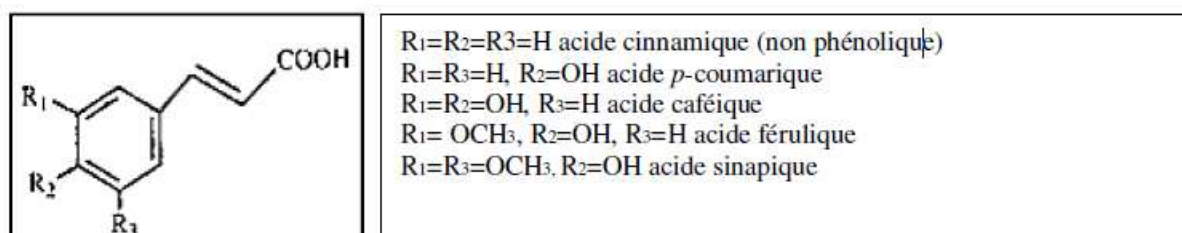


Figure 5. Les principaux acides hydroxycinnamiques (phénylpropanoïdes) [52].

II.2.1.3 Les flavonoïdes

Le terme « flavonoïde » désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols. Ils sont considérés comme les pigments quasiment universels des végétaux. Tous les flavonoïdes (plus de 4000) possèdent la même structure générale en C₁₅ (C₆-C₃-C₆) [53].

Les flavonoïdes sont, généralement, dérivés de benzo- γ -pyrone, qui est synonyme de chromone [54]. Ils sont des dérivés du noyau flavone ou 2-phényle-chromone portant des fonctions phénols libres, éthers ou glycosides. Les flavonoïdes sont donc des polyphénols complexes dont la structure est constituée de deux noyaux aromatiques (noyaux A et B) et d'un hétérocycle oxygéné (cycle C) (figure 6) [55].

Chapitre II : Les métabolites secondaires

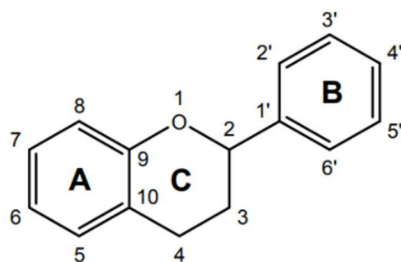


Figure 6. Structure de base des flavonoïdes [56].

Tableau 4. Quelques classes de flavonoïdes [57 ; 58].

Groupe de flavonoïdes	Caractéristique
Flavones	Le groupe le plus abondant des composés phénoliques. Ils se diffèrent des flavonols seulement par le manque d'un OH libre en C3. Ce qui affecte ainsi leur absorption aux UV, mobilité chromatographique et les réactions de coloration.
Flavonols	Un autre groupe abondant des composés phénoliques.
Anthocyanines	Représentent le groupe le plus important des substances colorées. Ces pigments hydrolysables contribuent à la coloration des angiospermes.
Hydroxycinnamates	Sont de puissants antioxydants, mais n'ont pas d'impact sensoriel sauf après oxydation, ils peuvent former des pigments bruns.
Flavanones	Sont caractérisés par l'absence de la double liaison C2–C3. Le flavanone le plus abondant est la naringénine, isolée pour la première fois à partir des écorces de citrus

Ces composés sont de puissants antioxydants, leur mécanisme d'action peut être direct ou indirect : pouvant piéger les radicaux libres réactifs et les chélateurs d'ions métalliques. Un des

Chapitre II : Les métabolites secondaires

effets directs les plus importants est la réduction de la production de radicaux libres par inhibition d'enzymes et la régénération d'antioxydants liés à la membrane tels que l' α -tocophérol sont des exemples de mécanismes indirects [59].

Ils jouent un rôle très important dans le traitement du diabète (inhibant l'aldose réductase), de la goutte (inhibant la xanthine oxydase), des inflammations (inhibant la phospholipase, etc), des hépatites, des tumeurs, de l'hypertension, des thromboses (flavonols), des allergies et des affections bactériennes et virales (anti-HIV) [60 ; 61 ;62].

II.2.1.4 Les tanins

Ce sont des composés polyphénoliques qui sont solubles dans l'eau. Ils présentent les réactions caractéristiques des phénols généralement, ils sont capables de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et aussi les autres protéines [63 ; 64].

Les tanins sont une famille complexe de principes actifs. Ils ont la capacité de former des complexes avec des macromolécules (les protéines, glucide, etc) et des liaisons entre les fibres de collagènes, d'où leur viennent la plupart de leurs propriétés. Leur structure chimique est particulièrement variable, mais comporte toujours une partie polyphénolique [65]. Des radicaux tanniques plus stables sont alors formés, ce qui a pour conséquence de stopper la réaction en chaîne de l'auto-oxydation des lipides [66].

Ils ont les propriétés et les capacités biologiques suivantes : la fixation et l'inhibition enzymatique, le piégeage des radicaux libres et l'activité antioxydante, un effet antiseptique (antibactérien, antifongique, antiviral), et la prévention des maladies cardiovasculaires [67].

Les tanins sont compris dans la protection contre les infections fongiques et bactériennes. Ils favorisent la régénération des tissus et la régulation de la circulation veineuse et tonifient la peau des rides [68].

Il est classique de distinguer deux grands groupes de tanins, différents à la fois par leur réactivité chimique et leur composition : les tanins hydrolysables et les tanins condensés [69 ; 70].

Leur structure chimique est particulièrement variable, mais comporte toujours une partie polyphénolique.

- a) **Les tanins hydrolysables** : appelés tannoïdes, ce sont des dérivés de l'acide gallique ; ils sont des esters ou des polyesters d'un sucre et d'un nombre variable d'acides phénols. Le sucre est généralement le D-glucose, l'acide phénol peut être soit l'acide gallique dans le cas des gallotanins ou l'acide ellagique dans le cas des tanins classiquement

Chapitre II : Les métabolites secondaires

dénommés ellagitannins [71 ; 61]. Ils sont facilement dégradés par hydrolyse chimique (alcaline ou acide) ou enzymatique [72]

b) Les tanins condensés : Les tanins condensés, appelés proanthocyanidines ou procyanidines, sont des composés qui ne possèdent pas de sucre dans leur molécule et leur structure est voisine de celle des flavonoïdes. Il s'agit des polymères flavoniques constitués d'unités de flavan-3-ols liées entre elles par des liaisons carbone-carbone [48]. Par traitement acide à chaud, ils se transforment en pigments rougeâtres et, pour cette raison, ils sont dénommés proanthocyanidines [70].

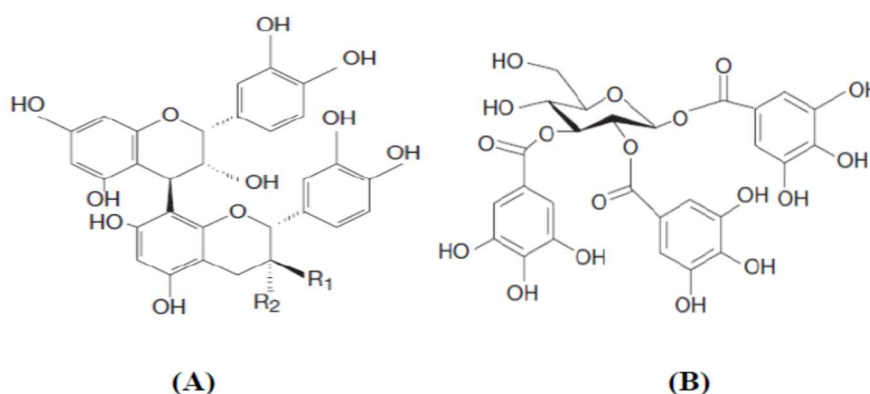


Figure 7. Structure chimique d'un tanin condensé (proanthocyanidine) (A) et d'un gallotanin ou tanin gallique (1, 2,3-tri-O-galloyl- β -D-glucose) (B) [70].

II.2.1.5 Les coumarines

Les coumarines qui sont aussi les dérivés de (C6-C3), appartiennent au groupe des composés connus par des benzo- α -pyrone et toutes sont substituées en 7 par un hydroxyle.

Elles se trouvent dans la nature soit à l'état libre ou bien combiné avec des sucres.

Elles sont responsables de l'odeur caractéristique du foin [61].

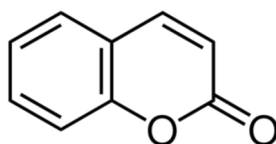


Figure 8. Structure de base de coumarine [73].

II.2.1.6 Anthocyanosides

Ce sont des pigments rouges en milieu acide, virant au bleu en milieu alcalin ; ils sont très répandus dans les fleurs et les fruits.

Les anthocyanes sont les dérivés du cation 2-phényl-1-benzopyrylium (flavyliumde) porteur de 3 cycles aromatiques conjugués d'où l'absorption de la lumière visible [74].

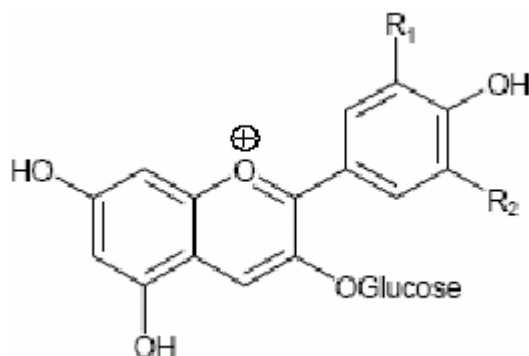


Figure 9. Structure des anthocyanosides [75].

II.2.1.7 Quinones

Chez les plantes, ces molécules, également appelées prénylquinones [76], fonctionnent dans les chaînes de transport d'électrons, en tant que porteurs d'hydrogène liés à la membrane et mobiles. Certaines de ces molécules sont attachées de manière permanente aux protéines et facilitent le transport des électrons au sein de complexes protéiques [77]. Il a également été signalé qu'ils participaient à la régulation de l'expression des gènes et à la transduction du signal dans les cellules [78]. D'autres études ont décrit leur rôle important dans la photosynthèse (phylloquinone et plastoquinone) et la respiration aérobie (ubiquinone).

Les quinones sont des pigments naturels qui sont généralement jaunes pâles, rouges et bruns. Ces couleurs sont masquées par d'autres pigments [49].



Figure 10. Structure d'une molécule de quinone [61].

II.2.1.8 Les terpénoïdes

Aussi appelés isoprénoïdes, sont des composés issus de la condensation d'unités de base à 5 carbones de type isoprène (Figure 11). On parle également de composés terpéniques ou monoterpène correspondant à des molécules à 10 carbones formées à partir de deux unités isoprènes [48 ; 49].

Les terpènes possèdent d'importantes propriétés thérapeutiques, notamment en cancérologie, dans le traitement de l'inflammation ou encore des infections bactériennes [79].

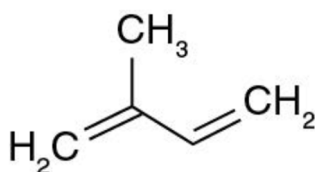


Figure 11. Structure de base d'isoprène [80].

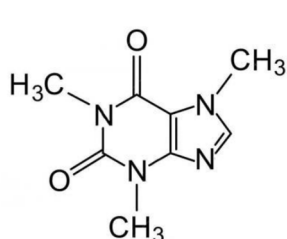
Ils existent chez toutes les plantes et représentent la plus grande catégorie de métabolites secondaires, avec plus de 22000 composés décrits.

L'hydrocarbure est le terpénoïde le plus simple. Ils sont classés en fonction du nombre de leurs unités isopréniques [81].

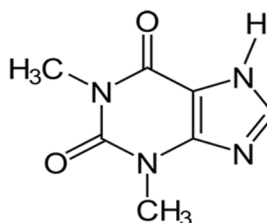
On compte aujourd'hui 600 classes utilisées en aromathérapie dont l'essor s'étend dans le domaine médical et cosmétique [82].

II.2.1.9 Les Alcaloïdes

Ce sont des composés organiques azotés, basique, pharmaceutiquement très actifs. D'origine naturelle et de distribution restreinte, les alcaloïdes existent sous forme de sels solubles (citrate, malate et benzoate) ou sous forme d'une combinaison avec les tanins. Ils sont synthétisés à partir des plantes supérieures pour la protection contre le stress et les herbivores [48].



Caféine



Théophylline

Figure 12. Structures de quelques alcaloïdes [83].

II.3 Généralité sur les saponines

Les saponines ou saponosides sont une classe spécifique de métabolites secondaires, généralement connues comme des composés non-volatils, tensio-actifs [84], des produits naturels abondamment retrouvés dans le règne végétal [85]. Il est intéressant de noter que des organismes marins comme le concombre de mer contiennent des saponines par exemple le frondoside A isolé de *Cucumaria frondosa*, l'eximisoside A isolé de *Psolus eximius* [86 ; 87 ; 88 ; 89].

II.3.1 Structure des saponines

Le nom saponine dérive du mot latin « sapo », qui signifie savon, parce que ces composés moussent une fois agités avec de l'eau. Structuralement parlant, les saponines sont constituées d'un squelette stéroïdique ou triterpénique (aglycones non polaires) porteur d'une ou de plusieurs sections sucres, de masse moléculaire entre 600 à 2000 Daltons et de structure complexe. Cette combinaison d'éléments structuraux polaires et non polaires explique leur comportement moussant en solution aqueuse. La nature des sections osidiques retrouvées à l'intérieur des saponines est très variée, mais elles sont habituellement constituées de D-glucose, D-galactose, L-rhamnose, D-xylose, D-fucose et acide D-glucuronique [48].

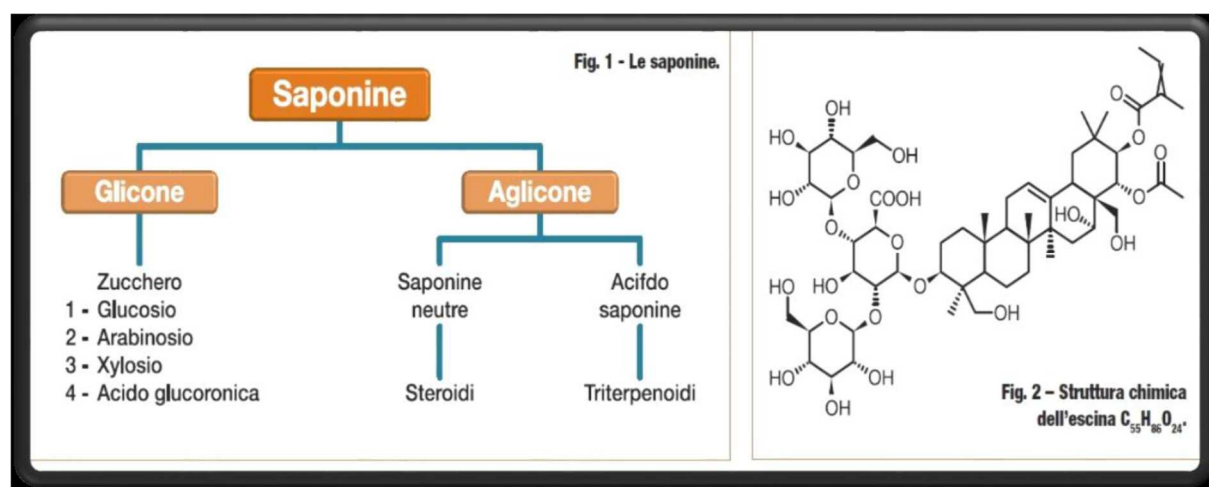


Figure 13. structure de saponines

II.3.2 Propriétés et activités biologiques des saponines

De nombreuses revues rapportent que les saponines existent dans les plantes sous forme biologiquement active et sont impliquées dans la phyto-protection antimicrobienne [90], elles ne sont pas limitées qu'à la protection des plantes, mais elles présentent aussi des activités biologiques variées, principalement dans les domaines de l'immunologie, la cancérologie et la microbiologie [91;92 ;93;94] Ces métabolites manifestent plusieurs propriétés

Chapitre II : Les métabolites secondaires

(pharmacologiques, hémolytiques, antimicrobiennes, insecticides,), anti-inflammatoires, antalgiques [84], réduction du cholestérol et effet cardiovasculaire, activité antivirale. Les saponines triterpénoïdes de la famille des Fabaceae ont montré une activité antiherpétique [84] et leur structure influencerait sur cette activité. Ainsi, elles sont employées dans la phytothérapie et dans l'industrie cosmétique. Elles formeraient les principaux constituants de plusieurs remèdes issus des plantes [95]. En effet, les travaux de indiquent que ces activités sont dépendantes de leurs structures, en particulier de la nature, du nombre et la séquence des sucres dans les saponines.

II.3.3 Distribution de saponines

Les Saponines sont distribuées dans une large variété de produits alimentaires et dans plusieurs familles de plantes différentes incluant l'asperge, les haricots, les mûres sauvages, les pois, les pommes de terre, la betterave sucrière et le thé. Ils se trouvent généralement dans les racines, les tubercules, les feuilles, les fleurs ou les graines [96].

III.1 Généralités

L'oxygène est la source de vie pour les organismes aérobies mais peut être également une source d'agression pour ces organismes [97]. Nos cellules et tissus peuvent être soumis à une grande variété d'agressions physiques (traumatisme, irradiation, hyper ou hypothermique), chimiques (acidose, toxines) et métaboliques (exposition à des xénobiotiques, privation d'un facteur hormonal ou facteur de croissance). La plupart de ces agressions débouchent sur une expression commune appelée stress oxydant, dû à l'exagération d'un phénomène physiologique, normalement très contrôlé, la production de radicaux dérivés de l'oxygène [98].

III.2 Activité antioxydante

L'oxydation est une des plus importantes manifestations à l'origine de vieillissement des produits alimentaires et cosmétiques. Les dégradations oxydatives affectent les qualités nutritionnelles et sensorielles des aliments et peuvent avoir des répercussions sur la santé du consommateur. Elles sont également mises en cause dans le vieillissement des tissus biologiques et des organismes ainsi que dans de nombreuses pathologies [99].

Dans ce contexte, différents moyens de prévention sont disponibles pour limiter ces phénomènes. Parmi eux, la valorisation d'antioxydants d'origine végétale à des fins alimentaires, cosmétiques ou pharmaceutiques représente un enjeu majeur pour la recherche et l'industrie [100, 101].

III.3 Le stress oxydant

L'oxydation ou le stress oxydatif est un état au cours duquel des substances oxydantes, externes comme internes, interviennent sur la capacité de défense anti- oxydative de la cellule [102]. Les principaux agents oxydants (radicaux libres) sont les espèces réactives de l'oxygène (O^{2-} , $1O_2$, $HO\cdot$, H_2O_2 , $NO\cdot$), des enzymes (lipoxygénases, peroxydases), des ions métalliques (Cu, Fe) et les peroxydes lipidiques. Qui concourent tous à la formation en chaîne de radicaux libres. Ceux-ci attaquent les protéines, les acides nucléiques, les acides gras insaturés, les vitamines ou d'autres constituants [99]. Les radicaux libres sont produits par divers mécanismes physiologiques (la chaîne respiratoire, l'inflammation, les systèmes enzymatiques, le cycle redox, les rayonnements et les particules inhalées tels que l'amiante et la silice) afin de détruire des bactéries au sein des cellules phagocytaires ou pour réguler des fonctions cellulaires létales telle que la mort cellulaire programmée ou apoptose (figure 14) [103].

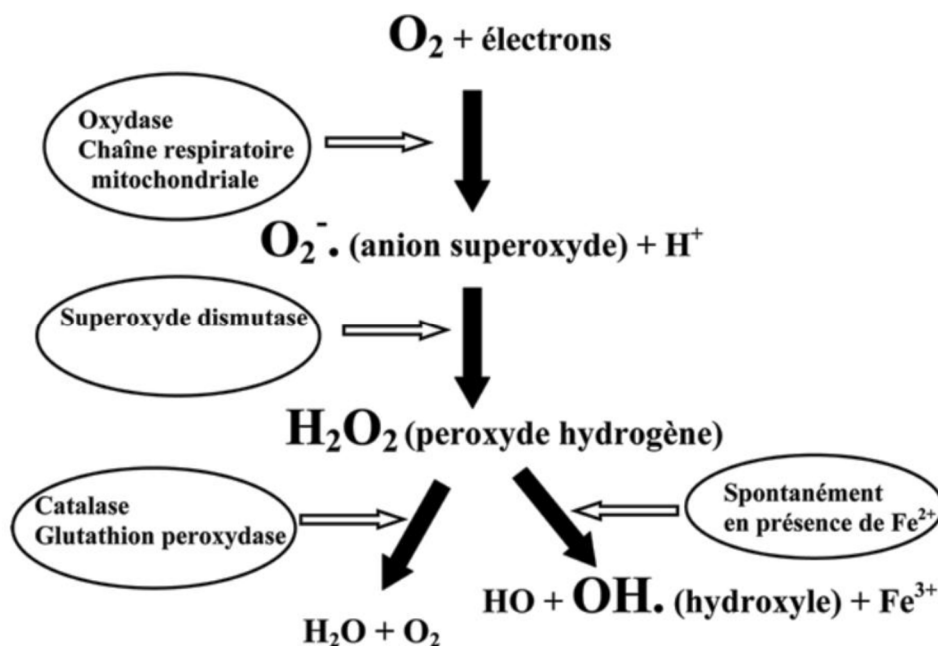


Figure 14. Principales espèces réactives de l'oxygène et enzymes antioxydantes

[104].

III.3.1 Les conséquences du stress oxydant

La production excessive de radicaux libres provoque des lésions directes de molécules biologiques (oxydation de l'ADN, des protéines, des lipides, des glucides), mais aussi des lésions secondaires dues au caractère cytotoxique et mutagène des métabolites libérés notamment lors de l'oxydation des lipides. L'organisme peut aussi réagir contre ces composés anormaux par production d'anticorps, qui malheureusement peuvent aussi être des auto-anticorps créant une troisième vague d'attaque chimique [103].

III.3.1.1 Dommages d'ADN

Bien que l'ADN soit la mémoire de toute la composition biochimique des êtres vivants, il s'agit d'une molécule très sensible à l'attaque par les radicaux de l'oxygène. L'attaque radicalaire peut être directe et entraîner l'oxydation des bases, engendrant un grand nombre de bases modifiées. Le stress oxydant peut aussi attaquer la liaison entre la base et le désoxyribose, créant un site abasique, ou attaquer le sucre lui-même, créant une coupure de chaîne simple brin [103].

III.3.1.2 Oxydation des protéines

Les protéines les plus sensibles aux attaques radicalaires se trouvent être celles qui comportent un groupement sulfhydryle (SH). C'est le cas de nombreuses enzymes cellulaires et protéines de transport qui vont être de ce fait oxydées et inactivées [105].

Les protéines peuvent subir l'action directe des ERO suivant ces étapes [106] :

- Modifications oxydatives réversibles : formation de disulfures, d'acide sulfénique et de méthionine sulfoxyde résultant de l'oxydation des chaînes latérales des résidus cystéine et méthionine, les plus sensibles à l'oxydation.
- Formation de réticulations intra- et inter-moléculaires et/ou fragmentation des chaînes polypeptidiques par oxydation du squelette carboné de la protéine.
- Fragmentation de la chaîne carbonée par oxydation d'un résidu glutamyl ou par α -amidation et oxydation directe de chaînes latérales de résidus sensibles (lysine, arginine, proline, thréonine) conduisant à la formation de groupes carbonyles sur la protéine.

III.3.1.3 Oxydation des glucides

Si la chimie de l'attaque radicalaire des polysaccharides a été beaucoup moins étudiée que celle des autres macromolécules, il n'en demeure pas moins que les espèces réactives de l'oxygène attaquent les mucopolysaccharides et notamment les protéoglycanes du cartilage. Par ailleurs, le glucose peut s'oxyder dans des conditions physiologiques, en présence de traces métalliques, en libérant des cétoaldéhydes, H_2O_2 et $OH^\bullet$, qui entraîneront la coupure de protéines ou leur glycation par attachement du cétoaldéhyde, formant un dérivé AGE.

Ce phénomène de glycosoxydation est très important chez les diabétiques et contribue à la fragilité de leurs parois vasculaires et de leur rétine [103].

III.3.1.4 Peroxydation lipidique

Les lipides sont les molécules les plus sensibles au stress oxydatif, surtout les acides gras polyinsaturés. Quand le radical hydroxyle rencontre les lipides, il va se produire un phénomène qu'on dénomme peroxydation lipidique. Brièvement ce processus implique :

- Le retrait d'un atome d'hydrogène d'un lipide par le radical hydroxyle.
- Le lipide radicalaire réagit avec l'oxygène pour former le radical peroxyde.
- Ce dernier peut attaquer les chaînes lipidiques adjacentes et propager la réaction de peroxydation.

Chapitre III : L'oxydant et l'antioxydant

La réaction en chaîne génère des lipides hydroperoxydes qui, lorsqu'ils s'accumulent dans la membrane, la déstabilisent en générant des macrospores induisant une fuite d'ions (Figure 15) [107].

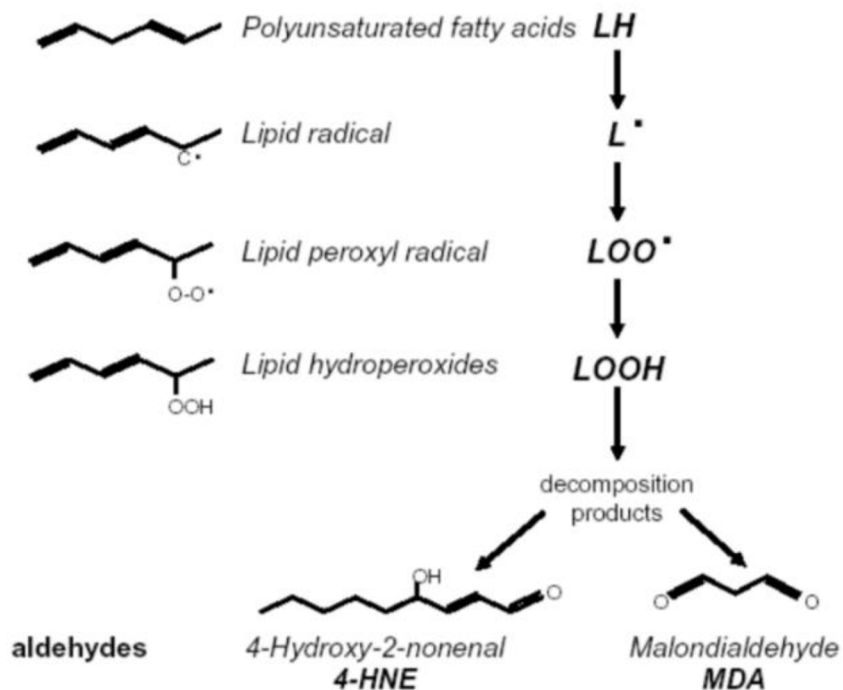


Figure 15. Mécanisme de la peroxydation lipidique [108].

Cette attaque des lipides peut concerner les lipoprotéines circulantes ou les phospholipides membranaires. Les conséquences seront différentes : l'attaque des lipides circulants aboutissant à la formation de LDL oxydées qui, captées par des macrophages, formeront le dépôt lipidique de la plaque d'athérome des maladies cardiovasculaires, l'attaque des phospholipides membranaires modifiant la fluidité de la membrane et donc le fonctionnement de nombreux récepteurs et transporteurs et la transduction des signaux [103].

III.4 Les antioxydants

Les antioxydants sont des substances naturellement présentes dans l'organisme, capables de le protéger d'influences néfastes, notamment des réactions d'oxydation également appelées stress oxydant. Les antioxydants, qui constituent un système de défense *in vivo*, se composent de plusieurs lignes de protection. La principale d'entre elles consiste à inhiber la formation des radicaux libres et des dérivés réactifs de l'oxygène en isolant les ions métalliques et en détruisant

Chapitre III : L'oxydant et l'antioxydant

l'anion superoxyde et l'oxygène singulet, réduisant le peroxyde d'hydrogène et les hydroperoxydes dans chaque cellule de l'organisme [109].

L'organisme possède des systèmes endogènes dédiés à cette action protectrice. Cependant, cette ligne de défense est facilement saturée. De nombreux antioxydants exogènes sont également présents dans l'alimentation apportant un soutien significatif dans la lutte antioxydante. Nous les trouvons dans les fruits (pommes, poires, fruits rouges, etc), les légumes (brocoli, oignon, etc), les boissons (café, thé, etc) ainsi que dans les épices, le cacao ou encore les céréales. Ces antioxydants sont surtout connus pour leur capacité à réagir directement avec les radicaux libres en les « neutralisant » par réaction de réduction.

Les antioxydants sont un groupe hétérogène composé de systèmes antioxydants endogènes, enzymatiques ou non, de vitamines, d'oligo-éléments ou encore de polyphénols [110].

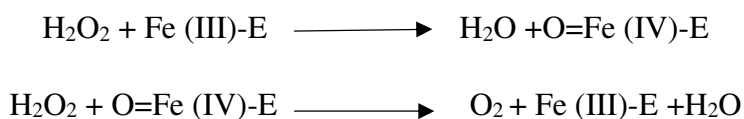
III.4.1 Sources d'antioxydants

III.4.1.1 Enzymatiques

Nous trouvons trois sources d'antioxydants enzymatiques :

a) La catalase

C'est une enzyme que l'on retrouve principalement au sein des peroxysomes, dans les hépatocytes, les érythrocytes et les cellules rénales. Cette enzyme est constituée de quatre chaînes polypeptides, comportant chacune un atome de Fer sous forme ferrique (Fe^{3+}). Ces derniers constituent les sites actifs de cette enzyme. Le mécanisme de dismutation du peroxyde d'hydrogène est le suivant [110] :



b) La glutathion peroxydase

La glutathion peroxydase (GSH-Px) est une enzyme à sélénium. Elle se retrouve dans les liquides extracellulaires ainsi que dans les cellules, au sein du cytosol et des mitochondries [111].

Cette enzyme constitue la voie majeure de dégradation des hydroperoxydes. Cette fonction antioxydante est d'autant plus importante qu'elle joue un rôle essentiel avec les superoxydes dismutases et la vitamine E [112].

En présence de substrat de type ROOH, la réaction se traduit de la manière suivante avec la formation d'une molécule d'eau et d'une molécule d'alcool [110].



c) La superoxyde dismutase

Le rôle déterminant de la superoxyde dismutase (SOD) dans les systèmes de défenses antioxydantes de l'organisme est connu depuis 1968. On sait que l'ion superoxyde ($\text{O}_2^{\cdot -}$) est le point de départ de la chaîne de production des radicaux libres. Or, dès ce stade précoce, la superoxyde dismutase inactive l'ion superoxyde en le transformant en peroxyde d'hydrogène (H_2O_2). Celui-ci est ensuite rapidement catabolisé par la catalase et les peroxydases en dioxygène (O_2) et en molécules d'eau (H_2O) (Figure16).

Ainsi, différentes études ont confirmé que la production de H_2O_2 sous l'action de la SOD était bien le facteur déclenchant des mécanismes naturels de défenses antioxydantes. La SOD apparaît donc comme l'enzyme clé de la défense naturelle contre les radicaux [130].

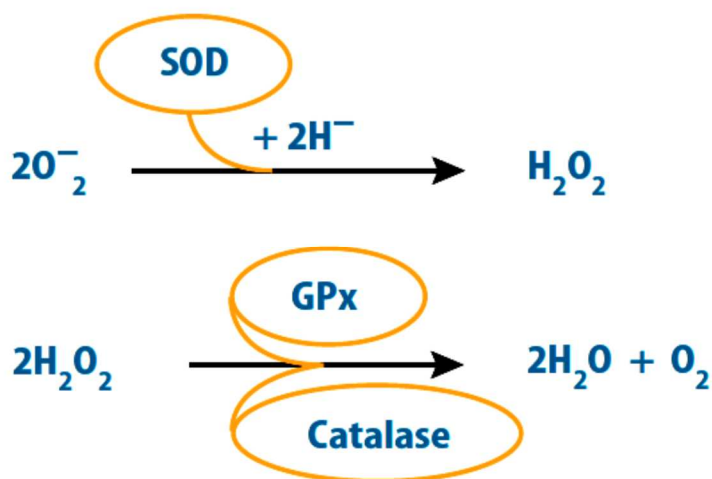


Figure 16. Rôle des enzymes antioxydantes dans le processus d'inactivation de l'ion superoxyde [130].

III.4.1.2 Les polyphénols

Les polyphénols représentent une classe de métabolites secondaires. Ils sont très largement représentés dans le règne végétal et donc dans notre alimentation.

Nous les consommons sous forme de fruits ou de légumes [110]. Les polyphénols doivent leur activité à, comme leur nom l'indique, un très grand nombre de résidus hydroxyles, qui sont

autant de munitions pour lutter contre les radicaux libres et stopper la réaction en chaîne (Figure 17) [113].

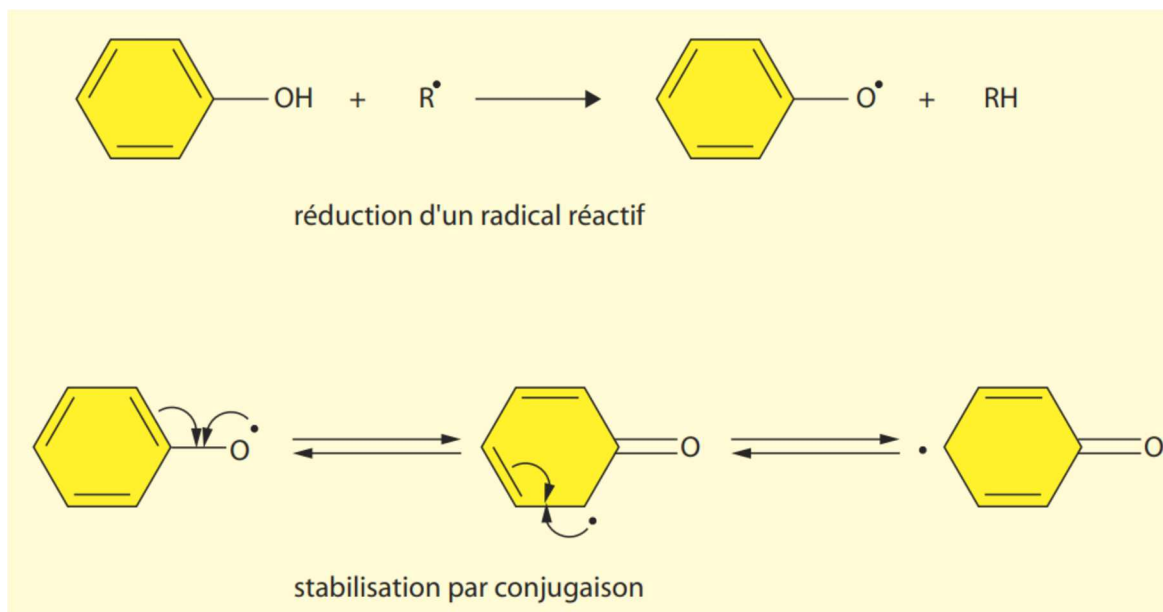


Figure 17. Propriétés réductrices des polyphénols [113].

2^{ème} partie : Étude expérimentale

IV.1 Matériel végétal

La plante étudiée est l'artichaut (*Cynara scolymus* L.) ont été récoltée à l'Est Algérien (régions d'El-Tarf) et ceci durant le mois de février de l'année 2023.



Figure 18. L'artichaut (*Cynara scolymus* L.) (Photo prise par DJEDDAI NOAMANE)

IV.2 Screening Phytochimiques :

IV.2.1 Les Saponosides (test de mousse) : en suivant le protocole [114].

- On met 1g de la poudre sèche dans une fiole dans laquelle 10 ml d'eau distillée sont ajoutés.
- On met dans un bain marie pendant 5mn.
- Après filtration du mélange est filtré, on ajoute 2,5 ml du filtrat à 10 ml d'eau distillée dans un tube à essai.
- Le tube est secoué vigoureusement pendant 30 s puis on laisse reposer une demi-heure.
- Une mousse alvéolaire révèle la présence des saponines.

IV.2.2 Les Flavonoïdes : en suivant le protocole [114].

- On macère 10 g de la poudre dans 150 ml d'HCl à 1% pendant 24h.
- Après avoir filtré le mélange, on procède au test suivant.
- On prend 10 ml du filtrat, on le rend basique par l'ajout de NH_4OH .
- Après trois heures, l'apparition d'une couleur jaune clair dans la partie supérieure du tube à essai indique la présence des flavonoïdes.

IV.2.3 Les Tannins : en suivant le protocole [114].

- On place 1 g de poudre sèche dans 20 ml de NaOH à 80%.
- Après 15 mn d'agitation, l'extrait sont filtré et mis dans tube à essai.
- L'ajout des gouttes d'une solution de FeCl_3 à 1 % permet de détecter la présence ou non des tannins.

IV.2.4 Les Alcaloïdes : en suivant le protocole [115].

- On mélange 1g de la poudre de la plante séchée et broyée avec 10 ml d'HCl à 5% dans un récipient.
- Après une demi-heure de macération. On filtre le mélange et on additionne au filtrat quelque goutte de réactif de Mayer.
- L'apparition d'un précipité blanc jaunâtre indique la présence des alcaloïdes.

IV.2.5 Les Huiles volatiles : en suivant le protocole [115].

- On macère 1 g de la poudre dans 40 ml d'eau distillée avec agitation constante 30 mn.
- Après filtration de l'extrait, 2 ml du filtrat sont secoués avec 0,1 ml de NaOH dilué et une petite quantité d'HCl dilué. La formation d'un précipité blanc indique la présence d'huile volatile.

IV.2.6 Les Quinones : en suivant le protocole [115].

- On place 1 g de la poudre broyée dans un tube avec 15 à 30 ml d'éther de pétrole.
- Après agitation et un repos de 24 h, l'extrait est filtré puis concentré au rotavapeur. Ajouter 2 ml de NaOH dilué dans 1 ml d'extrait de la plante. La formation de couleur bleu-vert ou rouge indique la présence de quinones.

IV.3 Extraction des polyphénols par macération à froid :

Il s'agit d'une extraction solide-liquide le solvant utilisé dans cette présente étude est le méthanol pur 99% [116, 117]. Celui-ci possède l'avantage d'être éliminé facilement sous vide. Il donne en plus un meilleur rendement d'extraction dépassant celui de l'eau [118, 119]. Le rendement d'extraction en polyphénols augmente aussi avec le temps de contact.

On introduit 1 g de poudre de la plante dans un mortier, avec 20 ml de méthanol pur, après une macération de 48 h environ le mélange obtenu est filtré par un papier filtre whatman, la phase aqueuse récupérée est concentrée au rotavapeur à 45°C. On obtient ainsi un extrait visqueux qui est récupéré dans 3 ml de méthanol.

IV.4 Extraction des flavonoïdes :

L'extraction des flavonoïdes a été faite selon la méthode modifiée de **Lee et al (1995)** [120].

10 g des fibres d'artichaut ont été chauffés à 90°C sous reflux dans un mélange

Eau distillée/Méthanol absolu (100ml :100ml) pendant 4h.

L'extrait a été filtré à travers un papier filtre, puis évaporé du méthanol.

La phase aqueuse a été ensuite extraite par 200 ml de 1-butanol puis acidifiée par HCl à 10% au PH=3.

La phase butanolique a été évaporée à 40°C.

Le résidu a été extrait 3 fois par 200 ml d'un mélange de Eau distillée/Acétate d'éthyle (100ml :100ml) pendant 1h.

La phase organique a été basifiée par NaHCO₃ au PH=9.

Après un repos de 15 mn, la phase organique a été évaporée à sec à 40°C.

IV.5 Extraction des saponines :

Les saponines ont été extraites selon la méthode élaborée par **Appelbaum et al (1969) [121]**.

10 g des fibres d'artichaut ont été délipidés durant 24h par 50 ml d'hexane.

Après élimination de la phase organique, le précipité obtenu a été macéré dans 100 ml d'éthanol absolu sous agitation magnétique à température ambiante pendant 24 h.

L'extrait a été filtré à travers un papier filtre, puis évaporé d'éthanol à sec sous vide à 40°C.

Le résidu sec a été extrait 3 fois par 100 ml d'un mélange de eau distillée/éther de pétrole (50ml : 50ml) chauffé à 50°C dans un bain marie pendant 30mn.

Les phases organiques ont été mélangées puis reprises par 150 ml de 1-butanol pendant 30 mn.

Enfin, la phase organique a été évaporée à 40°C.

IV.6 Dosage des polyphénols

Protocole

Le dosage des polyphénols est réalisé selon la méthode de Dewanto et al., (2002) [122] reprise et modifiée par. A 100 µl d'extrait (dilution appropriée) ou de standard, on ajoute 400 µl du réactif de Folin-ciocalteu (dilué 10 fois dans de l'eau ultra pure). Le mélange réactionnel est agité, puis après 5 mn, la couleur bleue apparue est intensifiée et stabilisée par l'ajout de 500 µl de sodium (Na₂ CO₃) à 7.5 %. Après agitation au vortex, le mélange est incubé pendant 1h à l'obscurité et à température ambiante. La densité optique (DO) est mesurée à $\lambda=725$ nm, à l'aide d'un spectrophotomètre. Le tube « blanc » ne contenant pas d'extrait, sert à ajuster le zéro de l'appareil. La quantification des polyphénols est réalisée à partir d'une gamme étalon d'acide gallique en concentrations finales (0.031 à 0.5 mg/ml) en milieu aqueux. Les teneurs en

polyphénols sont exprimées en mg d'équivalent d'acide gallique par gramme de résidu sec (mg EAG/g MS).

IV.7 Dosage des flavonoïdes

Protocole

Le dosage des flavonoïdes est effectué selon la méthode rapportée par Medjeldi et al., (2018) [123]. Une prise de 100 µl d'échantillon convenablement dilué est mélangée à 400 µl d'eau distillée et 30 µl de NaNO₂ (5%). Après 5 mn de repos, on ajoute 60 µl d'une solution d'AlCl₃6H₂O (10%) fraîchement préparée puis après 6 mn d'incubation, on ajoute 200 µl de NaOH (1M). le mélange réactionnel est ajusté à 1 ml avec de l'eau distillé. Après une incubation de 1 h à l'obscurité, la lecture de l'absorbance est faite à 510 nm contre le tube « blanc » dans lequel l'extrait est remplacé par le solvant d'extraction. Une gamme étalon de catéchine à des concentrations finales allant de 0 à 60µg/ml est utilisée pour la quantification des flavonoïdes. Les teneurs en flavonoïdes sont exprimés en milligramme d'équivalent de catéchine par gramme de résidu sec (mg EC/g MS).

IV.8 Dosage des saponines

Protocole

Un volume de 0.1 ml de l'extrait brut de saponine et 0.4 ml d'eau ont été séchés à 70°C dans un bain d'eau pendant 2h, ensuite, 0.1ml de la solution vanilline-acide acétique glacial (5%) et 0.4 ml d'acide perchlorique ont été ajoutés. Le tube contenant le mélange a été agité au vortex et transféré au bain-marie à 70°C pendant 15min, puis retiré et placé dans l'eau glacée pour refroidir. Suivant ceci, 2.5ml de l'acide acétique glacial a été ajouté. La solution a été bien mélangée et l'absorbance a été mesurée contre un blanc (sans extrait) à 540 nm.

IV.9 Evaluation du pouvoir antioxydant

IV.9.1 Piégeage du radical libre DPPH

Cette méthode est décrite par plusieurs auteurs entre autres, Iwashima et al., (2005) [124] ; Rigane et al., 2011[125]. C'est une technique avantageuse du fait qu'elle soit indépendante, simple et rapide.

a) Principe

Le DPPH^{*} (2,2 diphenyl-1 picrylhydrazyl) est un radical stable qui absorbe dans le visible entre 515 à 520 nm. Le test consiste à faire réagir le DPPH de coloration violette avec des molécules dites « antioxydantes » afin de mesurer leur capacité à le réduire en DPPH-H de coloration

jaune. Ce changement de couleur reflète le pouvoir de l'extrait végétal à piéger ce radical. Le phénomène peut donc être suivi par spectrophotométrie visible.

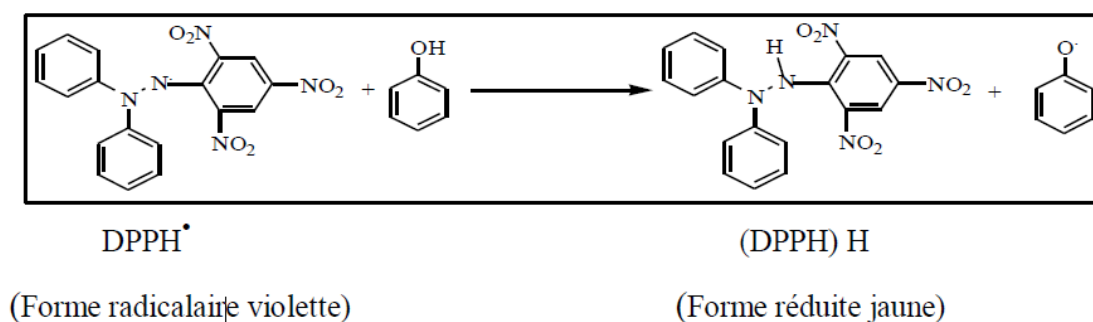


Figure 19. Réaction du radical DPPH avec un donneur d'hydrogène (antioxydant).

L'estimation de l'activité antiradicalaire est déterminée selon la méthode décrite par El-Haci et al., (2011) [126] avec quelques modifications. A 975 μl d'une solution méthanolique de DPPH à (4%) sont ajoutés 25 μl de l'extrait à différentes concentrations ou standards. Après agitation vigoureuse, le mélange est gardé à l'obscurité pendant 1h. L'absorbance est mesurée à 517 nm en se référant à un témoin sans extrait. Le méthanol est utilisé comme blanc.

b) Expression de l'activité antiradicalaire

Elle est exprimée en pourcentage d'inhibition qui est calculé selon la formule suivante :

$$\text{PI}\% = [(\text{DO témoin} - \text{DO extrait}) / \text{DO témoin}] \times 100$$

PI% : **pourcentage** d'inhibition

DO témoin : Absorbance de la solution témoin (DPPH)

DO extrait : Absorbance de la solution antioxydante (extrait)

La régression linéaire de la courbe : $\text{PI}\% = f[\text{C}_{\text{extrait}}]$ permet de déterminer l' IC_{50} qui correspond à la concentration en extrait responsable de l'inhibition de 50% de radical DPPH•.

L' IC_{50} est exprimée en unités de concentration de l'extrait.

IV.9.2 Méthode de la réduction du fer FRAP

L'activité réductrice du fer de nos extraits est déterminée selon la méthode décrite par OYAIZU, 1986 [127], basée sur la réduction du Fe^{3+} présent dans le complexe $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ en Fe^{2+}

- 1ml de chaque extrait à différentes concentrations est mélangé avec 2,5ml d'une solution tampon phosphate 0,2M (pH 6,6) et 2,5ml d'une solution de ferricyanure de potassium $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ à 1%

- L'ensemble est ensuite incubé au bain marie à 50°C pendant 20min

Etude expérimentale

- 2,5ml d'acide trichloroacétique à 10% sont ajoutés pour stopper la réaction
- Les tubes sont centrifugés à 3000rpm pendant 10min
- 2,5ml du surnageant sont mélangés à 2,5ml d'eau distillée et 0,5ml d'une solution de chlorure ferrique fraîchement préparée à 0,1%

La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel se fait à 700nm contre un blanc semblablement préparé, en remplaçant l'extrait par de l'eau distillée qui permet de calibrer l'appareil (UV-VIS spectrophotomètre).

Le contrôle positif est représenté par une solution d'un antioxydant standard ; l'acide ascorbique dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons.

3^{ème} partie : Résultats et discussion

V.1 Screening Phytochimiques :

Les résultats du screening phytochimiques sont représentés dans le tableau 5.

Tableau 5. Screening Phytochimiques

Métabolites secondaires	Test
Alcaloïdes	+
Sapnosides (test de mousse)	+
Flavonoïdes	++
Tannins	++
Huiles volatiles	-
Quinones	+

Signification des symboles : (++) abondamment présent, (+) présence, (-) absence

L'examen du tableau fait ressortir la présence et l'absence de ces substances bioactives au niveau de notre plante, on peut constater que les flavonoïdes et les tannins sont très abondants, suivis des autres composants les saponines, les quinones, et l'absence des huiles volatiles. La présence de composés phytochimiques biologiquement actifs qui agissent comme stimulants G.R.P.I Abeysiria *et al* (2013) [128]. Le screening phytochimiques nous donne des informations primaires sur notre plante, et en basant sur ces résultats, nous avons choisi les méthodes d'extraction à titre d'exemple nous n'avons pas fait l'hydrodistillation pour extraire les huiles volatiles.

V.2 Rendement d'extraction :

Les rendements des extraits ont été calculés en utilisant la formule suivante :

$$\text{Rendement (\%)} = m_0/m_1 \times 100$$

m₀ : Masse en gramme de l'extrait brut évaporé.

m₁ : Masse en gramme de la matière végétale initiale sèche (5 g).

Tableau 6. Résultat rendement d'extraction

Métabolite secondaire	Quantité en %
Polyphénols	18,3%
Flavonoïdes	17,1%
Saponines	12,5%

Rendements d'extraction déterminés à partir des fibres d'artichaut étaient de l'ordre de 18,3%, 17,1% et 12,5% d'extraits à méthanol pur, à eau distillée/méthanol et à hexane ; respectivement. Le rendement d'extraction semble être influencé par le degré de polarité du solvant, ainsi que par le degré de polarité des divers composants de l'extrait tels que les constituants phénoliques.

V.3 Teneur en polyphénols

La teneur en polyphénols est déterminée à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique : $y = 0,3971x - 0,0131$ (Figure 20) Avec un coefficient de régression de la droite ($R^2 = 0,9975$) proche de 1 prouvant ainsi la fiabilité de cette courbe dans la détermination des phénols totaux.

Le résultat est exprimé en milligramme équivalent acide gallique par résidu sec (mg EAG/g MS).

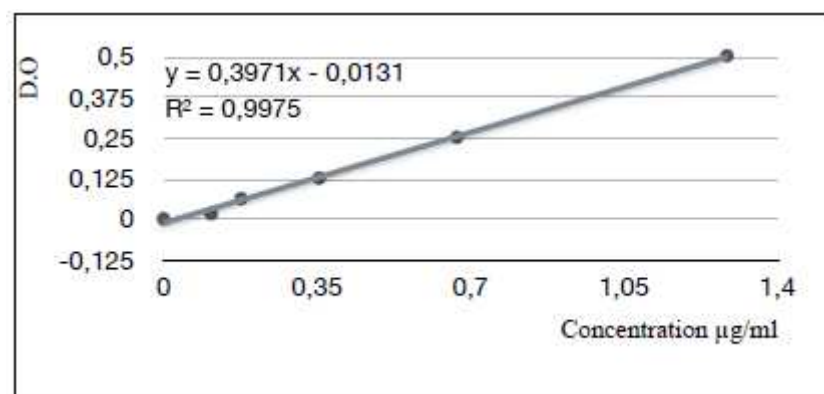


Figure 20. Courbe d'étalonnage des polyphénols avec l'acide gallique

Les teneurs en polyphénols ($0,869 \pm 0,058$ mg EAG/g MS)

A la lumière de ces résultats, il paraît que la plante collectée est riche en polyphénols

V.4 Teneur en flavonoïdes totaux

La teneur en flavonoïdes est déterminée à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage de la catéchine : $y = 0,0047x - 0,0416$ (Figure 21) avec un coefficient de régression de la droite ($R^2 = 0,9997$) proche de 1 prouvant ainsi la fiabilité de cette courbe dans la détermination des flavonoïdes.

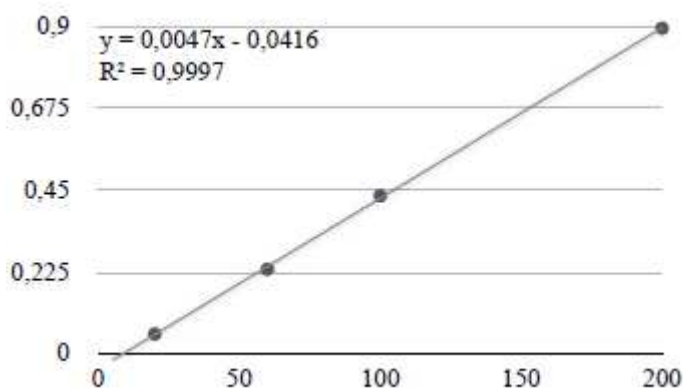


Figure 21. Courbes d'étalonnages de catéchine

Le résultat est exprimé en milligramme équivalent catéchine par gramme de la matière sèche (51,191mg EC/g MS).

V.5 Teneur en saponines

La teneur en saponines est déterminée à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage de saponine de quillaija : $y = 0.0539x + 0.1329$ (Figure 22) avec un coefficient de régression de la droite ($R^2 = 0.9941$) proche de 1 prouvant ainsi la fiabilité de cette courbe dans la détermination des saponines.

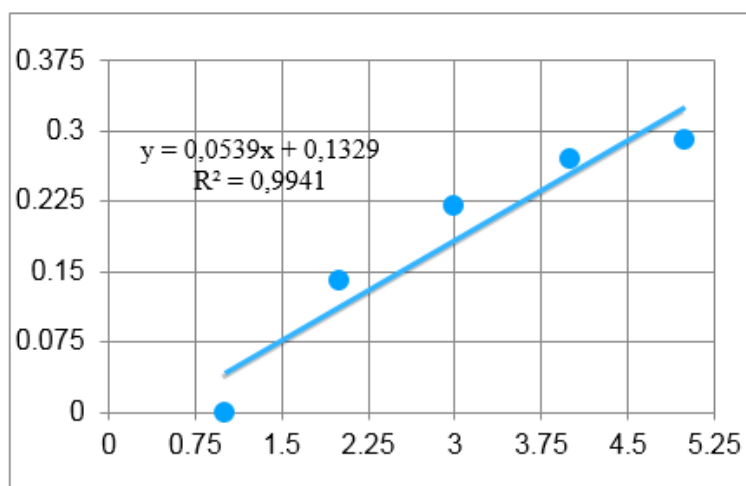


Figure 22. Courbe d'étalonnage

Après la réalisation des étapes d'extraction des saponines à partir de la plante testée, l'extrait des fibres d'Artichaut montre une concentration élevée de saponines (8.312 EQ/g MS).

Ce résultat corrobore parfaitement avec l'analyse phytochimique. En effet il est montré dans la bibliographie que ces plantes contiennent des saponines, qui sont le plus souvent concentrées dans les organes de réserve comme les fibres.

V.6 Activités antioxydants

L'activité antioxydant a été déterminée sur l'extrait méthanoliques

V.6.1 Activité balayage DPPH

L'activité antioxydant a été déterminée sur l'extrait méthanolique car s'est montré le plus riche en polyphénols totaux.

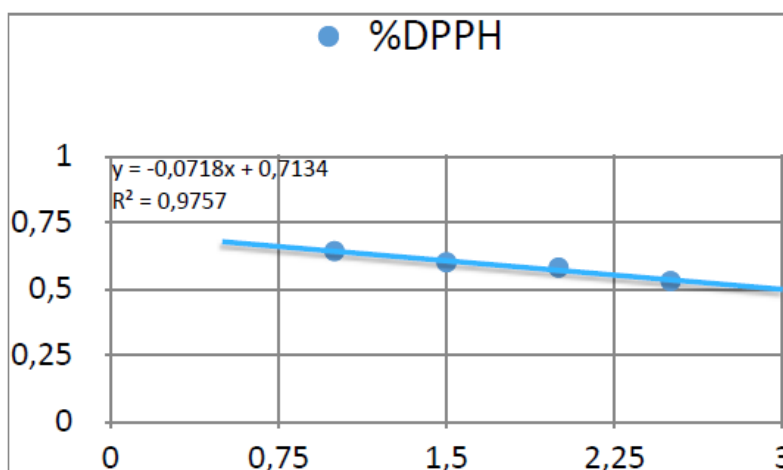


Figure 23. La capacité antioxydant de l'extrait des fibres d'artichaut.

L'activité de piégeage des radicaux DPPH a été enregistrée en termes de pourcentage d'inhibition. Le paramètre utilisé pour comparer l'activité de piégeage des radicaux est la valeur IC_{50} , définie comme la concentration d'antioxydant nécessaire pour piéger 50 % des radicaux DPPH. La valeur IC_{50} du trolox ($3,31 \pm 0,09 \mu\text{g/ml}$) est presque la même que celle de l'extrait méthanolique ($IC_{50} = 2,97 \pm 0,02 \mu\text{g/ml}$), ce qui montre que notre extrait a une valeur significative et il peut avoir une activité antioxydant.

V.6.2 FRAP

L'activité réductrice du fer de nos extraits est déterminée selon la méthode décrite par Y.Pan et al [129], basée sur la réaction chimique de réduction du Fe^{3+} présent dans le complexe $K_3Fe(CN)_6$ en Fe^{2+} .

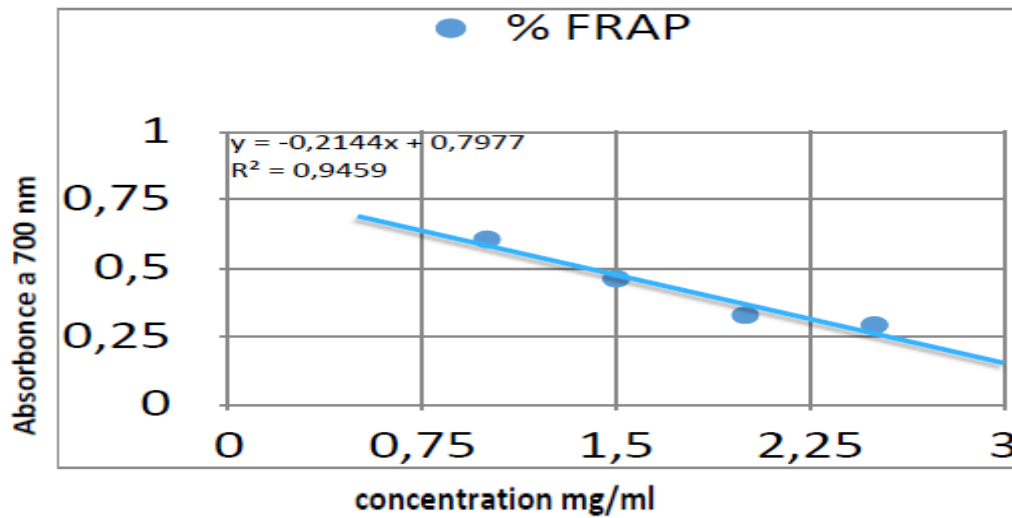


Figure 24. Courbe d'étalonnage (FRAP)

Les résultats obtenus montrent que l'extrait des fibres à un pouvoir de réduire le fer avec une valeur de $1.39 \pm 0,01 \mu\text{g/ml}$. L'activité de l'extrait des fibres, serait due à sa forte teneur en composés polyphénoliques.

Conclusion

Conclusion

Aujourd'hui, la phytothérapie et le retour à la médecine traditionnelle reviennent sur le devant de la scène, d'autant plus que la phytothérapie propose des soins à base des extraits naturels bien acceptés par l'organisme. Les recherches se sont alors concentrées sur l'exploration des nouvelles sources d'antioxydants naturels des extraits des plantes.

Le présent travail vise à évaluer les activités antioxydants de l'extrait phénolique des fibres d'artichaut récoltées dans la région d'el-Tarf. Il a été prouvé que l'efficacité de l'extraction avec le méthanol est meilleure, Au cours de cette étude, nous avons également effectué un dosage des polyphénols, flavonoïdes, et saponines.

L'activité antioxydants testée avec le radical DPPH et le FRAP a montré des IC_{50} remarquables respectivement de l'ordre de $IC_{50} = 2,97 \pm 0,02 \mu\text{g/ml}$ et $1.39 \pm 0,01 \mu\text{g/ml}$. À la lumière de ces découvertes, les fibres de l'artichaut peuvent servir de source d'antioxydants naturels pour des applications pharmaceutiques et nutritives.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] Bursal, E., & Köksal, E. (2011). "Evaluation of reducing power and radical scavenging activities of water and ethanol extracts from sumac (*Rhus coriaria* L.)". *Food Research International*, 44(7), 2217-2221.
- [2] Nabavi, S. F., Di Lorenzo, A., Izadi, M., Sobarzo-Sánchez, E., Daglia, M., & Nabavi, S. M. (2015). Antibacterial effects of cinnamon: From farm to food, cosmetic and pharmaceutical industries. *Nutrients*, 7(9), 7729-7748.
- [3] Zuzarte, M., & Salgueiro, L. (2015). Essential oils chemistry. *Bioactive essential oils and cancer*, 19-61.
- [4] Blama, A., & Mamine, F. (2013). *Ethnobotanical study of medicinal and aromatic plants in the south of Algeria: the Touat and Tidikelt [Etude ethnobotanique des plantes médicinales et aromatiques dans le sud algérien: le Touat et le Tidikelt]* (No. hal-02811474).
- [5] Lattanzio V., Kroon P., Linsalata V. and Cardinali A, Globe artichoke: A functional food and source of nutraceutical ingredients, *Journal of functional foods*, V. 1, (2009), 131-144.
- [6] Dridi B., Un système intégré de micropropagation de l'artichaut (*Cynara scolymus* L.). Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques et Biologiques Appliquées : Biotechnologie cellulaire et génétique, Université GENT, France, (2003), 175p.
- [7] DELABAYS, N., GIGON, V., RENAUDINEAU, G., PICCOT, L., DROZ, E., REBENAQUE, P., MONTMOLLIN, A., (2017). L'artichaut violet de Plain palais : mise en valeur d'une variété traditionnelle. *Culture maraîchères* (6) : 362–368.
- [8] CECCARELLI, N., CURADI, M., PICCIARELLI, P., MARTELLONI, M., SBRANA, C., GIOVANNETTI, M. (2010). Globe artichoke as a functional food. *Mediterr J Nutr Metab* (3) :197-201.
- [9] PLAGES, J. N., (2014). Artichaut et Cardon Quels sont ces chardons que l'on mange ? *Histoire des plantes* (629.): 42-45.
- [10] BEKHEET, S., SOTA, V., (2019). Biodiversity and Medicinal Uses of Globe Artichoke (*Cynara scolymus* L.) *Plant. J. Biodivers. Conserv. Bioresour. Manag.* (1) : 39-54.
- [11] LANTERI, S., SABA, E., CADINU, M., MALLICA, G. M., BAGHINO, L. ET PORTIS, E., (2004). Amplified fragment length polymorphism for genetic diversity assessment in globe artichoke. *Theor. Appl. Genet.* (108.) :1534-1544.

Références bibliographiques

- [12] KCHOUK, M.E., (2000). Néoformation et transfert génétique chez l'artichaut (*Cynara scolymus* L.). Thèse de Doctorat d'Etat. Faculté des Sciences. Université de Tunis.
- [13] SALATA, A., GRUSZECKI, R. ET DYDUCH, J., (2013). The effect of gibberellic acid GA3 on morphological features of artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Modern Phytomorphology* (4.): 87-90.
- [14] MARQUES, P. A. H., (2016). Chemical Characterization of *Cynara cardunculus* var. *Scolymus* and Its Application in Topical Formulations. Master en biochimie. Université de Lisboa.
- [15] BARBUT, M., CHEVALIER, G., (2008). Etude sur la Culture de l'Artichaut en Algérie. Guide Pratique : Culture de l'Artichaut : 1-16.
- [16] GOETZ P. et LE JEUNE R., 2007 – Artichaut, *Cynara scolymus*. *Phytothérapie*, 5 (4) : 219 – 222.
- [17] Alimentarium. (Page consultée le 8 mai 2019) – Artichaut | Alimentarium, [En ligne]. Adresse URL : <https://www.alimentarium.org/fr/savoir/artichaut-0>
- [18] Bedard A., Coulombe J. et Corneau L., L'artichaut, Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels (INAF), université Laval, Canada, (2006).
- [19] Favier J-C., Ireland-Ripert J., Toque C. et Feinberg M., Répertoire générale des aliments, table de composition, Ed. Lavoisier, France, (1995).
- [20] Bouchet R. et Bouchet C., Dictionnaire thérapeutique des plantes, Ed. Trajectoir E., (2009), 191p.
- [21] Arnal-Schnebel B., Goetz P. et Paris M., *Phytothérapie : la santé par les plantes*. Ed. VIDAL, Canada, (2007) 447p.
- [22] López-Molina D., Dolores Navarro-Martinez M., Melgarejo F.R., Hiner A., Chazarra S. and Rodriguez-Lopez J., Molecular properties and prebiotic effect of inulin obtained from artichoke (*Cynara scolymus* L.), *Phytochemistry*, V 66, (2005), 1476–1484.
- [23] MICCADEI S., DI VENERE D., CARDINALI A., ROMANO F., DURAZZO A., FODDAI M., FRAIOLI R., MOBARHAN S., MAIANI G., 2008 – Antioxidative and apoptotic properties of polyphenolic extracts from edible part of artichoke (*Cynara scolymus* L.) on cultured rat hepatocytes and on human hepatoma cells. *Nutrition and Cancer*, 60 (2): 276 – 283.

Références bibliographiques

- [24] ANTAL M., REGÖLY-MÉREI A., BIRÓ L., ARATÓ G., SCHMIDT J., NAGY K., GREINER E., LÁSZTITY N., SZABÓ C., PÉTER S., MARTOS E., 2008 – Effects of oligofructose containing diet in obese persons. *Orv Hetil*, 149 (42): 1989 – 1995.
- [25] Girre L., *Les plantes et les médicaments, l'origine végétale nos médicaments*, Ed. Delachaux et Nestlé, Paris, (2006), 253p.
- [26] Gil-Izquierdo A., Gil M. I., Conesa M. A. and Ferreres F., The effect of storage temperatures on vitamin C and phenolics content of artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, V. 2, (2001), 199-202.
- [27] Nogaret-Ehrhart A. S., *La phytothérapie : se soigner par les plantes*, Ed. Eyrolles, France, (2006), 183p.
- [28] Calvier V. et Farvacques J., *Herbier médicinal*, Ed. Aubanel, Suisse, (2005), 203p.
- [29] Nogaret-Ehrhart A. S., *La phytothérapie ; se soigner par les plantes*, Ed. Eyrolles, France, (2003), 191p.
- [30] Goni I., Jimenez-Escrig A., Gudiel M. and Saura-Calixto F., Artichoke (*Cynara scolymus* L.) modifies bacterial enzymatic activities and antioxidant status in rat cecum, *Nutrition Research*, V. 25, (2005), 607–615.
- [31] Wichtl M. et Anton R., *Plantes thérapeutiques : tradition, pratique officinale, science et thérapeutique*, 2ème édition, Ed. Lavoisier, (2003), 662p.
- [32] Raynaud J., *Prescription et conseil en phytothérapie*, Ed. Lavoisier, (2005), 215p.
- [33] Wittemer S.M., Ploch M., Windeck T., Muller S.C., Drewelow B., Derendorf H. and Veit M., Bioavailability and pharmacokinetics of caffeoylquinic acids and flavonoids after oral administration of Artichoke leaf extracts in humans, *Phytomedicine*, V. 12, (2005), 28–38.
- [34] Zapolska-Downar D., Zapolski-Downar A., Naruszewicz M., Siennicka A., Krasnodebska B. and Kolcodziej B., Protective properties of artichoke (*Cynara scolymus*) against oxidative stress induced in cultured endothelial cells and monocytes, *Life Sciences*, V. 71, (2002), 2897–2908.
- [35] Roseiro L.B., Viala D., Besle J.M., Carnat A., Fraisse D., Chezal J.M. and Lamaison J.L., Preliminary observations of flavonoid glycosides from the vegetable coagulant *Cynara* L. in protected designation of origin cheeses, *International Dairy Journal*, V. 15, (2005), 579-584.

Références bibliographiques

- [36] Li H., Xia N., Brausch I., Yao Y. and Forstermann U., Flavonoids from Artichoke (*Cynara scolymus* L.) up-regulate endothelial-type nitric-oxide synthase gene expression in human endothelial cells, *The journal of pharmacology and experimental therapeutics*, V. 310, N°. 3, (2004), 926–932.
- [37] Bundy R., Walker A. F., Middleton R. W., Wallis C. and Simpson H., Artichoke leaf extract (*Cynara scolymus* L.) reduces plasma cholesterol in otherwise healthy hypercholesterolemic adults: A randomized, double blind placebo controlled trial, *Phytomedicine*, V. 15, (2008), 668–675.
- [38] Beloued A., *Plantes médicinales d'Algérie*, Ed. Office des publications universitaires, Algérie, (2001), 277p.
- [39] Ali-Delille, *Les plantes médicinales en Algérie*, Ed. BERTI, Alger, (2010), 289p.
- [40] Albouy V., *Le jardin médicinal*, Ed. EDISUD, Paris, (2008), 95p.
- [41] HARTMANN T., 2007 – From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry*, 68 (22 – 24): 1 – 552.
- [42] LAITINEN ML., JULKUNEN-TIITTO R., ROUSI M., 2000 – Variation in Phenolic Compounds within a Birch (*Betula pendula*) Population. *Journal of Chemical Ecology*, 26 (7) : 1609 – 1622.
- [43] JUDD W.S., CAMPBELL C.S., KELLOGG E.A., STEVENS P.F., 2002 – Botanique systématique : Une perspective phylogénétique. Éd. De Boeck Université. Paris, 1ère éd., 467 p.
- [44] GRAGLIA E., JULKUNEN-TIITTO R., SHAVER G.R., SCHMIDT I.K., JONASSON S., MICHELSEN A., 2001 – Environmental control and intersite variations of phenolics in *Betula nana* in tundra ecosystems. *New Phytologist*, 151 (1): 227 – 236.
- [45] ISERIN P., 2001 – Larousse : Encyclopédie des plantes médicinales, 335 p.
- [46] VERMERRIS W. et NICHOLSON R., 2006 – Phenolic Compound Biochemistry. Ed. Springer, Dordrecht, 276 p.
- [47] MUANDA F., 2010 – Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques. Thèse Doc. C.O., Univ. Paul Verlaine-Metz, Lorraine, 239 p.

Références bibliographiques

- [48] BRUNETON J., 1999 – Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales. Ed. Technique et documentation Lavoisier, Paris, 3e éd., 1120 p.
- [49] HARBORNE J.B., 1998 – Phytochemical Methods A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis. Ed. Springer, Pays-Bas, 3e éd., 302 p.
- [50] HARBORNE J.B., 1989 – Methods in Plant Biochemistry. Plant Phenolics, 1: 302 p
- [51] Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C. and Jimenez L., Polyphenols: food sources and bioavailability, The American journal of clinical nutrition, V. 79, (2004), 727– 747.
- [52] Macheix J-J., Fleuriet A. et Sarni-Manchado P., Composés phénoliques dans la plante – structure, biosynthèse, répartition et rôles, In : Sarni-Manchado P. et Cheynier V., les p.
- [53] Portet B., Recherche bioguidée de molécules antipaludiques d'une plante guyanaise *Piper hostmannianum* var. *berbicense*, Thèse de doctorat, Chimie – Biologie – Santé, Université Paul Sabatier Toulouse, (2007), 270p. polyphénols en agroalimentaire, Ed. Lavoisier, (2006), 398p.
- [54] Havsteen B. H., The biochemistry and medical significance of the flavonoids, Pharmacology & Therapeutics, V. 96, (2002), 197– 202.
- [55] Milane H., La quercétine et ses dérivés: molécules à caractère prooxydant ou capteurs de radicaux libres; études et applications thérapeutiques, Thèse de Doctorat, Option Pharmacochimie, Université Louis Pasteur, France, (2004), 159p.
- [56] Abi Azar R., Complexations des protéines laitières par les extraits de gousses vertes de caroubier ; Propriétés technologiques des coagulums obtenus, Thèse de doctorat d'Agro Paris Tech., Ecole doctorale ABIES, France, (2007). 196p.
- [57] NARAYANA K., REDDY M., CHALUVADI M., KRISHNA D., 2001 – Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. Indian journal of pharmacology, 33 (1): 2 – 16.
- [58] ERDMAN JW., BALENTINE J., ARAB L., BEECHER G., DWYER J., FOLTS J., HARNLY, HOLLMAN J.P., L-KEEN C., MAZZA G., MESSINA M., SCALBERT A., VITA J., WILLIAMSON G., BURROWES J., 2007 – Flavonoids and heart health: Proceeding of the ILSI North America flavonoids workshop. Journal of Nutrition, 137 (3): 718 – 737.

Références bibliographiques

- [59] RITA N. et FARIT A., 2009 – Natural polyphenols as anti-oxydant, anti-inflammatory, antiangiogenic agents in the metabolic syndrome. In *Oxydative Stress, Inflammation and Angogenesis*. Ed. Springer Science, Busines Media B.V., Université de Porto: 147 – 180.
- [60] ANDERSSON CM., HALLBERG A., HÖGBERG T., 1996 – Advances in the development of pharmaceutical antioxidants. *Advances in Drug Research*, 28: 65 – 180.
- [61] COWAN MM., 1999 – Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbial*, 12 (4): 564 –582.
- [62] YAO LH., JIANG YM., SHI J., TOMÁS-BARBERÁN FA., DATTA N., SINGANUSONG R., CHEN SS., 2004 – Flavonoids in food and their health benefits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 59 (3): 113 – 122.
- [63] STEVANOVIC T., 2005 – Chimie du bois. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes, Romandes, 241 p.
- [64] MERGHEM R., 2009 – Éléments de biochimie végétale. Ed. Bahaeddine, Constantine, 171 p.
- [65] BARTOSZ G., 2003. Generation of reactive oxygen species in biological systems. *Comments on Toxicology*, 9, 5 – 21.
- [66] CAVIN A., 1999 – Investigation phytochimique de trois plantes indonésiennes aux propriétés antioxydantes et antiradicalaires : *Tinospora crispa* (Menispermaceae), *Merremia emarginata* (Convolvulaceae) et *Orophea enneandra* (Annonaceae). Thèse Doc. Bio. Méd., Univ. Lausanne, 243 p.
- [67] LECASBLE C., 2012. Le marc de café comme source atypique de tanins condensés dans le contrôle intégré des nématodes gastro-intestinaux chez les petits ruminants du Yucatan, Mexique. Thèse Doc. Vét, Éco. Nat. Vét., Paris, 91.
- [68] KANSOLE M.M.R., 2009 – Étude ethnobotanique, phytocuimique et activités biologiques de quelques lamiaceae du Burkina Faso : cas de *Leucas martinicansis* (Jacquin) R. Brown, *Hoslundia oppossta* vahl et *Orthosiphon pallidus* royle ex benth. Mém. Bio. App., Burkina Faso.
- [69] PAOLINI V., DORCHIES Ph., HOSTE H., 2003 – Effets des tanins condensés et des plantes à tanins sur les strongyloses gastro intestinales chez le mouton et la chèvre. *Alter Agri*, 61 : 17 – 19.

Références bibliographiques

- [70] SARNI-MANCHADO P. et CHEYNIYER V., 2006 – Les polyphénols en agroalimentaire. Ed. Technique et documentation Lavoisier, Paris, 398 p.
- [71] BRUNETON J., 1993 – Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales. Ed. Technique et documentation Lavoisier, Paris, 2e éd., 915 p.
- [72] GUIGNARD JL., 2000 – Biochimie végétale. Ed. Dunod, Paris, 2e éd., 274 p.
- [73] DONG-CHAN K., SEONG-HWAN R., DONGJIN K., SUNG I., CHUL-SOO J., JAE K., BYUNG W., CHANG O., HYUN-KYUNG K. SUK J., 2013 – Coumarin, a Lead Compound of Warfarin, Inhibits Melanogenesis via Blocking Adenylyl Cyclase. American Journal of Biomedical Research, 1 (3): 43 – 47.
- [74] BROUILLARD, R., (1986). Bull. Liaison groupes polyphénols (13.) :76-94.
- [75] BENHAMMOU, N., (2011). Activité antioxydante des extraits des composés phénoliques de dix plantes médicinales de l'Ouest et du Sud-Ouest Algérien. Thèse de doctorat en science biologique. Université Aboubakr Belkaid. Tlemcen.
- [76] LICHTENTHALER H., 1977 – Regulation of Prenylquinone Synthesis in Higher Plants. Lipids and Lipid Polymers in Higher Plants (Ed. Tevini M., Lichtenthaler H.), Springer, Berlin, 231 – 258.
- [77] NOWICKA B. et KRUK J., 2010 – Occurrence, biosynthesis and function of isoprenoid quinones. Biochimica et Biophysica Acta, 1797 (9): 1587 – 605.
- [78] KAWAMUKAI M., 2002 – Biosynthesis, Bioproduction and Novel Roles of Ubiquinone. Journal of Bioscience and Bioengineering, 94 (6): 511 – 517.
- [79] CHRISTIANSON D., 2008 – Unearthing the roots of the terpenome. Current Opinion in Chemical Biology, 12 :141 – 150.
- [80] MOROT-GAUDRY J., 2016 – Les végétaux, un nouveau pétrole ? Ed. Quae, Versailles, 1ère éd., 160 p.
- [81] RAVEN P., EICHHORN S., EVERT R. (trad. Jules Bouharmont et Charles-Marie Evrard), 2003 – Biologie végétale [« Biology of Plants, 6th edition »]. Ed. De Boeck Université, Bruxelles, 1re éd., 963 p.
- [82] LUCIENNE AD., 2010 – Les plantes médicinales d'Algérie. Ed. Berti, Alger, 2e éd., 239 p.

Références bibliographiques

- [83] ZIEGLER J. et FACCHINI P., 2008 – Alkaloid Biosynthesis: Metabolism and Trafficking. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 735 – 769.
- [84] Vincken, J.-P., Heng, L. De Groot, A., Gruppen, H. (2007). Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom. *Phytochemistry*, 68:275–297.
- [85] Sparg, S. G., Light, M. E., and van Staden, J. (2004). Biological activities and distribution of plant saponins. *J Ethnopharmacol*, 94(2-3) :219–243.
- [86] Girard, M., Belanger, J., Apsimon, J. W., Garneau, F., -X., Harvey, C., Brisson, J.-R. (1990). Frondoside A. A novel triterpene glycoside from the holothurian *Cucumaria frondosa*. *Canadian Journal of Chemistry*, 68:11–18.
- [87] Kalinin, V. I., Avilov, S. A., Kalinina, E. Y., Korolkova, O. G., Kalinovskiy, A. I., Stonik, V. A., Riguera, R., Jiménez, C. (1997). Structure of Eximiside A, a novel triterpene glycoside from the far-Eastern sea cucumber *Psolus eximius*. *Journal of Natural Products*, 60:817–19.
- [88] Bonnard, I., Rinehart, K. L. (2004). Thyonosides A and B, two new saponins isolated from the holothurian *Thyone aurea*. *Tetrahedron*, 60:2987–92.
- [89] Moraes, G., Norhcote, P. C., Kalinin, V. I., Avilov, S. A., Silchenko, A. S., Dmitrenok, P. S., Stonik, V. A., Levin, V. S. (2004). Structure of the major triterpene glycoside from the sea cucumber *Stichopus mollis* and evidence to reclassify this species into the new genus *Australostichopus*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 32:637–650.
- [90] Hostettmann, K. and Marston, A. (1995). Saponins, (Chemistry pharmacology of natural products). Cambridge: Cambridge University Press.
- [91] Lacaille-Dubois, M.-A., Wagner, H. (2000). Bioactive saponins from plants: an update in: *Studies in Natural Products Chemistry Series*, Atta-Ur-Rahman (Eds.), Elsevier Science, Vol. 21, pp 633–87.
- [92] Lacaille-Dubois, M.-A. (2005a). Bioactive saponins with cancer related and immunomodulatory activity: Recent developments, Atta-Ur-Rahman (Eds.), *Studies in natural products chemistry series*, vol. 32. Elsevier, Amsterdam; pp 209–46.
- [93] Lacaille-Dubois, M.-A. (2005b). Bioactive saponins from plants: recent developments in "Handbook of Medicinal Plants", Yaniv Z., Bachrach, U. (Eds.). Food Products Press (FPP). The Haworth Medical Press (HMP): New York, Chapter 19, pp 399–428.

Références bibliographiques

- [94] Lacaille-Dubois, M.-A. (2013). Newest results of the chemistry and pharmacology of triterpene and steroid saponins containing TCM-drugs in "Evidence and rational based research on Chinese drugs", H. Wagner, G. Ulrich-Merzenich (Eds.). Springer-Verlag Wien pp 87–135.
- [95] Estrada, A., Katselis, G. S., Laarveld, B., And Barl, B. (2000). Isolation and evaluation of immunological adjuvant activities of saponins from *Polygala senega* L. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis*, 23(1) :27–43.
- [96] Dini, I. Tenore, G.C. Schettino, O. Dini, A. New oleanane saponins in *Chenopodium quinoa* *J Agric Food Chem*, 49 (2001), pp. 3976-3981.
- [97] NAMIKI M., 1990 – Antioxidants / Antimutagens in food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 29: 273 – 300.
- [98] WALKER J., SARASTE M., RUNSWICK., GAY N., 1982 – Distantly related sequences in the alpha-and beta-subunits of ATP synthase, myosin, kinases and other ATP-requiring enzymes and a common nucleotide binding fold. *The EMBO Journal*, 1 (8): 945 – 51.
- [99] Bersset C., Antioxydants phénoliques, structure, propriétés, sources végétales, In : Sarni-Manchado P. et Cheynier V., *Les polyphénols en agroalimentaire*, Ed. Lavoisier, France, (2006), 381p.
- [100] Parkar S., Stevenson D. and Skinner M., The potential influence of fruit polyphenols on colonic microflora and human gut health *International Journal of Food Microbiology*, V. 124, (2008), 295–298.
- [101] Lachman J., Šulc M., Sus J. and Pavlikova O., Polyphenol content and antiradical activity in different apple varieties, *Hort. Sci. (Prague)*, V. 33, (2006), 95–102.
- [102] Morelle J., *L'oxydation des aliments et la santé (prévention des dangers de l'agression oxydative alimentaire par le bon usage des fruits et des légumes)*, Ed. Office d'Edition Impression Librairie, France, (2003), 257.
- [103] Favier A., *Le stress oxydant : Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique*, *L'actualité chimique*, (2003), 108-115.
- [104] ICHAI C., QUINTARD H. ORBAN JC., 2011 – *Désordres métaboliques et réanimation*. Ed. Lavoisier Médecine, Paris : 508 p.

Références bibliographiques

- [105] BARNOUD D., CANO N., SCHNIDER SM., VASSON MP., HASSELMANN M., LEVERVE X., 2007 – Traité de nutrition artificielle de l'adulte : nourrir l'homme malade. Ed. Springer, 3e éd., Paris : 1189 p.
- [106] BARAIBAR M., LADOUCE R., FRIGUET B., 2013 – Proteomic quantification and identification of carbonylated proteins upon oxidative stress and during cellular aging. *Journal of Proteomics*, 92: 63 – 70.
- [107] LACRAZ G., 2009 – Relation entre Stress Oxydant et Homéostasie Glucidique au cours du Diabète de Type 2 : Adaptation de la Cellule β Pancréatique. Thèse Doc. Physio. Physiopath., Univ. 7, Paris, 795 p.
- [108] LAOUAFA S., 2018 – Rôle protecteur de l'estradiol contre les conséquences systémiques et cellulaires dans un modèle d'apnées obstructives du sommeil : implication des récepteurs nucléaires ER α et ER β . Thèse Doc. Phy. Neuro., Univ. Lyon, 168 p.
- [109] BASHARAT S., 2015 – Le pouvoir antioxydant des additifs phytogéniques. Biomin, Holding GmbH Industriestrasse 21, A-3130 Herzogenburg, Austria.
- [110] DESMIER T., 2016 – Les antioxydants de nos jours : Définition et applications. Thèse Doc. Pha., Univ. Limoges, 87 p.
- [111] RICHARD MJ., BELLEVILLE F., CHALAS J., CEBALLOS-PICOT I., VITOUX D., BOYER MJ., CHAUDIÈRE J., FAVIER A., 1997 – Les glutathion peroxydases : intérêt de leur dosage en biologie clinique. *Annales de Biologie Clinique*, 55 (3) : 195 – 208.
- [112] FREI B., STOCKER R., AMES BN, 1988 – Antioxidant defenses and lipid peroxidation in human blood plasma. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 85 (24): 9748 – 9752.
- [113] ROLLAND Y., 2004 – Actualités des lipides en cosmétique : Antioxydants naturels végétaux. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 11 (6) : 419 – 424.
- [114] K. Chatou et al, Phytochemical Screening, Antioxidant and Antibacterial activity of *Lepidium sativum* seeds from Morocco, *Journal. Mater. Environ. Sci*, 2016, 7 (8), 2938-2946.
- [115] Chudasama RG et al, Screening of selected plants from semi-arid region for its phytochemical constituents and antimicrobial activity, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 2018, 7(2): 2983-2988.

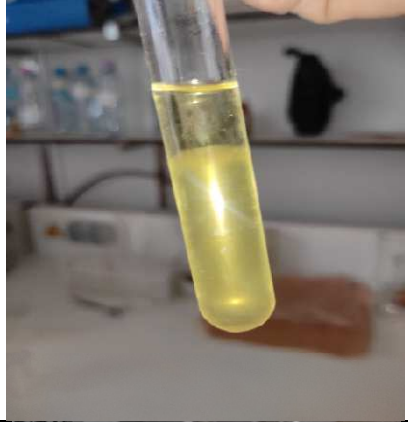
Références bibliographiques

- [116] Benakmoum A., Abbedou S., Ammouche A., Panagiotis K., Dimitrios G., Valorisation of low quality edible oil with tomato peel waste. Food Chemistry, 2008, 110: 684- 690.
- [117] Diallo D., Sanogo R., Yasambou H., Traoré A., Coulibaly K., Maïga A., Étude des constituants des feuilles de *Ziziphus mauritiana* Lam.(Rhamnaceae), utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali. C. R. Chimie 7,2004, pp 1073– 1080.
- [118] Owen P.L, Johns T., Xanthine oxidase inhibitory activity of north eastern North American plant remedies used for gout. Journal of Ethnopharmacology, 1999, 64, 149-160.
- [119] Vercauteren J., Cheze C., Triau J., Polyphenols. Edition, INRA, Paris, 1996, pp 31- 43.
- [120] Lee, K. H., Choi, E. M., & Kim, Y. H. (1995). Isolation and identification of flavonoids from the seeds of *Lepidium sativum* L. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43(4), 1270-1273.
- [121] Appelbaum, E. W., & Barker, S. A. (1969). Saponins of *Yucca schidigera* Roezl. Phytochemistry, 8(1), 107-111.
- [122] Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(10), 3010-3014.
- [123] Medjeldi, A., & Merah, O. (2018). Antioxidant activity and total phenolic and flavonoid contents of some medicinal and aromatic plants used in Algeria. Journal of Medicinal Plants Research, 12(3), 32-40.
- [124]. Iwashima, M., Maeda, T., Koyama, T., Matsui, H., Suzuki, A., & Takeda, Y. (2005). Isolation of oleanolic acid 3-O- β -D-glucuronide from the flowers of *Camellia japonica* and its anti-inflammatory activity. Journal of natural medicines, 59(2), 192-195
- [125]. Rigane, G., Bouguerra, M., & Boudjelal, A. (2011). Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans la région de Chemini (Wilaya de Béjaïa). Algerian Journal of Arid Environment, 1(2), 107-117.
- [126]. El-Haci, I. A., Bekhechi, C., & Dahmoune, F. (2011). Antioxidant activity and total phenolic and flavonoid contents of some medicinal and aromatic plants used in Algeria. Journal of Medicinal Plants Research, 5(31), 6561-6568.

Références bibliographiques

- [127] OYAIKU M., 1986 – Studies on products of browning Reaction-Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from Glucosamine. *Japanese Journal of Nutrition*, 44: 307 – 315
- [128] Abeyasiri, G.R.P.I.; Dharmadasa, R.M.; Abeyasinghe, D.C. and Samarasinghe, K. (2013). Screening of phytochemical, physico-chemical and bioactivity of different parts of *Acmella oleracea* Murr. (Asteraceae), a natural remedy for toothache. *Industrial Crops and Products*, 50: 852– 856. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.08.043>
- [129] Y. Pan, K. Wang, S. Huang, H. Wang, X. Mu, C. He, X. Ji, J. Zhang and F. Huang, Antioxydant activity of microwave-assisted extract of longan (*Dimocarpus Longan* Lour.) peel, *Food Chemistry*, 106: (2008) P.1264-1270.
- [130] JOANNY F., 2005 – La superoxyde dismutase, puissant antioxydant naturel, désormais disponible par voie orale. *Phytothérapie*, 3 (3) : 118 – 121.

Annexes

Test	Photo
Sapnosides (test de mousse)	
Les Flavonoïdes	
Les Tannins	
Les Alcaloïdes	

Les Huiles volatiles



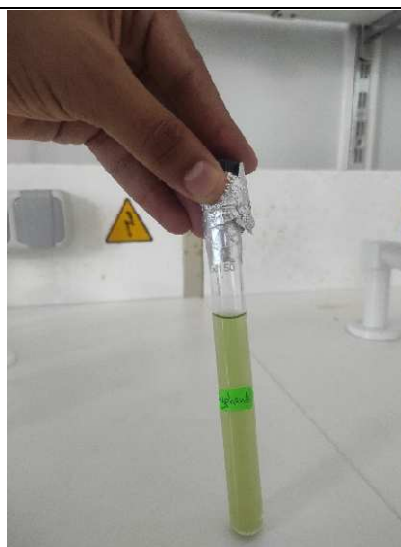
Les Quinones



Extraction

Polyphénols

Photo



Flavonoïdes



Saponines

