



DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

M<sup>me</sup> LATROCH MAROUA

M<sup>me</sup> SAID ASMAA

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN BIOLOGIE**

**Spécialité : Pharmaco-Toxicologie**

THEME

L'étude de la composition chimique et l'activité  
antioxydante des limbes et des feuilles d'artichaut utilisées  
dans le traitement de la colopathie chronique

*Soutenue publiquement le : 06/07/2022*

DEVANT LE JURY

Présidente	M <sup>me</sup> MISSOUN FATIHA	MCA	U. Mostaganem
Examinatrice	M <sup>me</sup> AMARI OUDA NESRINE	MCA	U. Mostaganem
Promotrice	M <sup>me</sup> BENHAMIMED EI-ATTAFIA	MCA	U. Mostaganem

*Année universitaire : 2021-2022*

## *Remerciements*

Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah, Le clément et la miséricorde de nous avoir donné la force et la patience de mener le fruit de notre carrière d'étude.

A notre Encadreur

Mme BENHAMIMED EI-ATTAFIA

*pour ses aides, ses encouragements et ses conseils judicieux durant toute la période de notre travail.*

Aux membres du jury

Présidente du Jury : Mme MISSOUN FATIHA

Examinatrice : Mme AMARI OUDA NESRINE

Vous nous faites un grand honneur en acceptant de juger ce travail.

A nos enseignants

Nos profondes reconnaissances s'adressent à tous les enseignants du département de Biologie qui ont contribué à notre formation tout le long notre cursus universitaire.

Nous remercions aussi tous les membres du laboratoire de biochimie pour leur gentillesse et leurs soutiens.

Nous tenons à remercier chaleureusement, tous nos proches et tous ceux qui sont, de près ou de loin, nous ont apporté leurs sollicitudes pour accomplir ce Travail.

**MAROUA ET ASMAA**



## *Dédicaces*



Louange à Dieu, le Tout Puissant, qui nous a permis de mener à bien ce modeste travail.

C'est avec un très grand honneur que je dédie ce travail aux personnes les plus Chères au Monde :

À mes très chers parents, ma mère Malika et mon père Drisse.

Pour leur amour, leur patience et encouragements qu'ils m'ont offerts durant toute ma vie.

A mon cher mari qui a su m'épauler, me pousser dans mes choix, et qui m'encourage toujours à aller plus loin, quoique cela nous coûte.

Ames cher sœurs et mon frère (zoulikha, ghalmia ,wafaa, najate, mohamed),

Merci pour votre amour sans limite.

A mes chères familles (Samira, fatima, Khalil, hasnai, yamina) Merci pour vos conseils, votre

Soutien, vos encouragements et surtout vos bénédictions et votre amour.

A mon très cher ami Asmaa Qui j'ai passé de bons moments ensemble.

A mes très chers amis (iméne, fatima, hadjira) pour votre soutien et votre présence à mes côtés.

À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.



**MAROUA**





## *Dédicaces*



Tout ce dont nous avons besoin pour réussir dans la vie, c'est l'ignorance et la confiance.

A travers ce travail, je tiens à remercier en mentionnant : La première personne dont je me souviens

Est ma mère, le commencement, la source de mon courage et de ma force, la première qui m'a appris que les rêves et les ambitions se réalisent avec le travail. Je n'ai pas assez de mots pour exprimer, alors je dis juste que je te suis reconnaissant,

Le deuxièmement, mon père, je sais que tu es fier de moi, et ça est ma plus grande joie, alors j'espère que ta fierté durera pour moi.

Je dédie ce travail à un partenaire dans ce voyage, ma fille, Anya.

Et mes sœurs, frères et arrière-grand-mère.

Enfin, je voudrais dire un mot spécial à mon mari. Vous avez été et serez toujours la plus grande aide et motivation pour moi de réussir. Je vous remercie de votre confiance et de votre soutien.



**ASMAA**



## ***LISTE DES ABRÉVIATIONS***

**AG** : Acide gallique

**AINS** : anti-inflammatoires non-stéroïdiens

**C - O – C** : liaisons éther

**Crohn** : maladies inflammatoires chroniques de l'intestin

**DO** : Densité Optique

**DPPH** : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

**FDA**: Food and Drug Administration

**FeCl<sub>3</sub>** : Le chlorure de fer

**GPX** : les glutathions peroxydases

**HCl** : acide chlorhydrique

**IC<sub>50</sub>** : La concentration inhibitrice médiane

**KOH** : d'hydroxyde de potassium

**NaOH** : hydroxyde de sodium

**OH** : radical hydroxyle.

**PI** : Pourcentage d'inhibition du DPPH.

**PRX** : la catalase et les peroxyrédoxines

**SCI**: trouble gastro-intestinal chronique

**SII** : Le syndrome de l'intestin irritable

**SOD** :Superoxydedismutase

**T** : tocophérols

**T<sub>3</sub>** :tocotriénols

**TFI** : troubles fonctionnels intestinaux

**UV** : Le rayonnement ultraviolet

## ***LISTE DES TABLEAUX***

<b>Tableau n° 01 :</b> Les plantes médicinales à intérêt thérapeutique pour la colopathie chronique.....	11
<b>Tableau n°02 :</b> Principales classes des composés phénoliques.....	16
<b>Tableau n°03:</b> Classification des terpénoïdes .....	26
<b>Tableau n°04:</b> Les principales sources alimentaires en vitamine C.....	29
<b>Tableau n° 05:</b> Classification de botanique .....	41
<b>Tableau n° 06 :</b> Rendements des extractions d'artichaut (les limbes et feuilles) et les extraits aqueux et méthanoïques.....	53
<b>Tableau n° 07 :</b> Tests photochimiques deux formes des limbes et des feuilles des extraits de l'artichaut.....	53

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure n°01</b> : Anatomie de côlon.....	4
<b>Figure n°02</b> : Échelle de bristol.....	6
<b>Figure n°03</b> : Squelette général des flavonoïdes.....	19
<b>Figure n° 04</b> : Structure de quelques flavonoïdes.....	20
<b>Figure n°05</b> :Les trois unités précurseur de la lignine.....	20
<b>Figure n° 06</b> : Structure chimique de quelques stilbènes présents dans le raisin.....	22
<b>Figure n°07</b> : Classification de base des coumarines.....	23
<b>Figure n°08</b> :Structure chimique des tanins galliques et des tanins éllagiques.....	24
<b>Figure n°09</b> :Structure chimique des tanins condensés.....	25
<b>Figure n°10</b> : Structure de l'acide L-ascorbique.....	29
<b>Figure n° 11</b> :Structures chimiques de deux iso formes différentes de vitamine E, les tocophérols et les tocotriénols.....	31
<b>Figure n° 12</b> : Structures chimiques de Glutathion.....	32
<b>Figure n° 13</b> : Classification des composéé polyphénols.....	33
<b>Figure n° 14</b> : Structure chimique de lycopéne.....	34
<b>Figure n°15</b> : Cycle oxydo-réducteur du glutathion.....	37
<b>Figure n°16</b> :Structure chimique du Trolox.....	37
<b>Figure n° 17</b> : Artichaut« Cynarascolymus L (Astéracée) » (photos originale).....	41
<b>Figure n°18</b> : Description de l'artichaut (Cynarascolymus L (Astéracée).....	43
<b>Figure n° 19</b> : macération des feuilles (photos originale).....	46
<b>Figure n° 20</b> : Décoction des limbes (photos originale.....	47
<b>Figure n° 21</b> : Réaction de test DPPH (2.2 Diphenyl 1 picrylhydrazyl).....	50
<b>Figure n° 22</b> : Coloration violette d'une solution de DPPH*(photos originale) .....	51
<b>Figure n° 23</b> :Spectromètre (photos originale).....	51
<b>Figure n°24</b> :Courbe d'étalonnage de l'acide gallique (des limbes).....	56
<b>Figure n° 25</b> : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique (des feuilles).....	57
<b>Figure n°26</b> : Courbe d'étalonnage de la quercétine (de limbes).....	58
<b>Figure n° 27</b> :Courbe d'étalonnage de la quercétine (des feuilles).....	58
<b>Figure n°28</b> : Courbe d'étalonnage de la catéchine (des feuilles).....	59
<b>Figure n°29</b> : La courbe de calibration du DPPH des limbes.....	60
<b>Figure n°30</b> : La courbe de calibration du DPPH des feuilles.....	61

## **RÉSUMÉ**

Les plantes médicinales sont actuellement utilisées testées et sélectionnées pour leurs valeurs thérapeutiques, elles sont à l'origine de nombreux médicaments puisqu'elles contiennent des principes actifs qui entrent dans la composition de 70% des produits pharmaceutiques. L'artichaut *Cynaras colymus L* est une plante d'intérêt nutritionnel et médicinal elle est connue par son utilisation dans le traitement de la colopathie fonctionnelle, notre travail a pour but la mise en évidence de certains métabolites secondaires (phénols totaux, flavonoïdes et tanins) et leur quantification ainsi que l'évaluation de l'activité antioxydante des limbes et des feuilles de l'artichaut *Cynaras colymus L* ;Le screening phytochimique de cette plante a montré sa richesse en polyphénol, flavonoïdes et des tanins condensés. La quantification de ces composés montre une teneur en polyphénols totaux de (4,60±0,41mg/ml) dans les feuilles et (0,670±0,004 mg/ml) dans les limbes, les teneurs en flavonoïdes s'échelonnent entre (1,51±0,41 mg/ml) dans les limbes et (0,803±0,002 mg/ml) dans les feuilles, les tanins à leurs tours sont omniprésents dans les feuilles avec (1,231±0,05 mg/ml). Le pouvoir antioxydant dénoté à travers le test de réduction du radical libre DPPH\*, montre une valeur de IC50= (63,058±0,72mg/ml) dans les limbes et (91,34±2, 04mg/ml) dans les feuilles.

**Mots clés :** la colopathie, *Cynara scolymus*, les limbes, les feuilles, polyphénols ; flavonoïdes ; tanins ; activités antioxydants, DPPH.

## ***ABSTRACT***

Medicinal plants are currently used, tested and selected for their therapeutic values; they are at the origin of many drugs since they contain active principles, which enter in the composition of 70% of pharmaceutical products. The artichoke *Cynara scolymus L* is a plant of nutritional and medicinal interest and is known for its use in the treatment of functional colopathy. The aim of our work is to highlight certain secondary metabolites (total phenols, flavonoids and tannins) and to quantify them, as well as to evaluate the antioxidant activity of the limbs and leaves of the artichoke *CynarascolymusL* ; The phytochemical screening of this plant showed its richness in polyphenol, flavonoids and condensed tannins. The quantification of these compounds shows a total polyphenol content of (4,60±0,41mg/ml) in the leaves and (0,670±0,004 mg/ml) in the leaf blades, the flavonoid content ranges from (1,51±0,41mg/ml) in the leaf blades and (0,803±0,002 mg/ml) in the leaves, tannins in turn are omnipresent in the leaves with (1,231±0,05 mg/ml). The antioxidant power denoted through the DPPH\* free radical reduction test, shows a value of IC<sub>50</sub>= (63,058±0,72 mg/ml) /ml in the leaf blades; and (91, 34±2,04 mg/ml) in the leaves.

**Keywords:** colopathy, *Cynara scolymus*, limbo, leaves, polyphenols; flavonoids; tannins; antioxidantactivities, DPPH.

## ملخص

تستخدم حاليا النباتات الطبية التي تم اختبارها و اختيارها لاحتوائها لقيمها العلاجية, فهي أصل العديد من الأدوية نظرا لاحتوائها على مكونات فعالة تستخدم في تكوين 70٪ من المنتجات الصيدلانية, إن نبات الخرشوف هو نبات ذو أهمية غذائية وطبية و هو معروف باستخدامه في علاج اعتلال القولون الوظيفيو يهدف عملنا إلى تسليط الضوء على بعض المستقبلات الثانوية (إجمالي البولي فينول و الفلافونويد والعفص المكثف). وتقديرها وتقييمها . وكذلك النشاط المضاد للأكسدة للساق وأوراق الخرشوف سينارا اظهر القياس الكيميائي النباتي لهذا النبات ثراءه في مادة بولي فينول و الفلافونويد والعفص المكثف يظهر القياس الكمي لهذه المركبات محتوى إجمالي من البولي فينول ( $0.41 \pm 4.60$  مغ / مل) في الأوراق و( $0.004 \pm 1.670$  مغ / مل) في الساق , وبالمثل تتراوح محتويات الفلافونويد ( $0.41 \pm 1.51$  لمغ / مل) في الساق و( $0.002 \pm 0.803$  مع/مل) في الأوراق ,والعفص بدوره موجود في الأوراق فقط وقدرت قيمته ب( $1.231 \pm$  = IC50قيمة(مغ/مل DPPH 0.05 مغ / مل) . تظهر قوة مضادات الأكسدة من خلال اختبار الحد من الجذور الحرة في الساق ؛ و ( $2.04. \pm 91.34$  مغ / مل) في الأوراق.( $63.058 \pm 0.72$ )

الكلمات المفتاحية:اعتلال القولون، الساق ، الأوراق ، البولي فينول ؛ الفلافونويد. العفص. الأنشطة المضادة للأكسدة

# TABLE DE MATIÈRE

Dédicace

Remerciements

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Table de matière

## Partie bibliographique

Introduction.....1

## Chapitre I. : Aperçu général sur les troubles fonctionnels intestinaux

I.1. Définition .....	3
I.2. Épidémiologie .....	3
I.3. Anatomie du côlon.....	3
I.4. causes .....	4
I.5.Facteurs de risque.....	4
I.5.1. Facteurs psychologiques .....	5
I.5.2. Prédisposition génétique .....	5
I.6. Troubles (Symptômes).....	5
I.6.1. Diarrhée.....	5
I.6.1.1. Syndrome du côlon irritable avec diarrhée (D-SCI).....	5
I.6.2. Constipation.....	6
I.6.2.1. Syndrome de l'intestin irritable avec constipation (CSII) .....	6
I.6.3. Type mixte.....	6
I.7. Effets de l'alimentation sur côlon irritable.....	7
I.7.1. Rôles physiologiques de l'alimentation.....	7
I.7.2. Digestion.....	7
I.7.3. Devenir des aliments dans le tube digestif.....	7
I.7.4. Troubles digestifs.....	8

I.8. Traitement.....	8
I.8.1.Traitement nutritionnel.....	8
I.8.1.1. Régime.....	8
I.8.2. Médicaments .....	9
I.9. Chirurgie intestinal (colorectale).....	9
I.10. Traitement à base des plantes.....	10
I.11. Mesures hygiéno-dietetiques.....	12

## **Chapitre II : Aperçu général sur les métabolites secondaires**

II.1. Définition et généralités .....	14
II .2. Les composés phénoliques .....	14
II.2.1. Structures et classification .....	14
II.2.3 Propriétés biologique de polyphénols .....	17
II.2.4. Classification des polyphénols .....	17
II.3. Les acides phénoliques.....	17
II .4. Les flavonoïdes.....	18
II .4.1. Définition les flavonoïdes.....	18
II .4.2. Structure des flavonoïdes.....	18
II .4.3. Classification des flavonoïdes.....	19
II .5. Les lignines.....	20
II .6. Les stilbènes .....	21
II .7. Les coumarines.....	22
II .8. Les tanins.....	23
II .8.1. Définition .....	23
II .8.2. Description et propriétés .....	23
II .8.3. Classification des tannins.....	24
II .9. Les alcaloïdes.....	25
II .10. Terpénoïdes .....	25
II .10.1. Structure générale et classification.....	25
II .10.2. Fonction des terpénoïdes.....	26
II .10.3. Classification des terpénoïdes .....	26

## Chapitre III : Les antioxydants

III.1. Définition.....	28
III.2. Antioxydants non-enzymatiques.....	28
III.2.1. vitamine C.....	28
III.2.1.1. Définition et structure.....	28
III. 2.1.2. Sources alimentaires en vitamine C .....	29
III. 2. 2. vitamines E.....	30
III.2.2.1 .Définition et structure.....	30
III. 2.2.2. Source alimentaire de vitamine E .....	31
III.2.3. Glutathion.....	31
III. 2.3.1. Définition .....	31
III.2.4. Poly phénols.....	32
III.2.4.1. Composés phénoliques et polyphénol.....	32
III.2. 5. Caroténoïdes .....	33
III.2.5.1. Généralités.....	33
III.2.5.2. Structure chimique.....	34
III.3. Antioxydants enzymatiques.....	34
III.3.1. Superoxydesdismutases (SOD).....	35
III. 3.2. Catalase .....	35
III.3.3. Glutathion peroxydase (GPX).....	36
III.4. Méthode de dosage de l'activité antioxydante .....	37
III.4.1. Méthode D'ABTS.....	38
III.4.2. Méthode de l'oxyde nitrique (NO).....	38
III.4.3. Méthode d'activité antioxydants totale (TAC).....	39
III.4.4. Méthode de FRAP (Ferricreducing antioxydant power).....	39
III.4.5. Dosage de la capacité antioxydant totale « méthode de phosphomolybdate ».....	40

## Chapitre IV

### Généralités sur l'artichaut

« *Cynara scolymus L (Asteracée)* »

IV. 1. Généralités et description de la plante utilisée.....	41
IV .1.2 Classification botanique.....	42

IV.1.3. Description botanique de la plante.....	42
IV.1.3. Zone de collecte de l'artichaut.....	43
IV.1.4. Composition chimique.....	43
IV.1.5. Propriétés biologiques.....	44

## **Partie expérimentale**

### **Chapitre I**

#### **Matériels & Méthodes**

I. 1. Matériel végétal.....	45
I. 2. Méthodes.....	45
I.2. 1. Préparation des extraits végétaux.....	45
I.2.1.1. Séchage .....	45
I.2.1.2. Broyage.....	45
I.2.2. Appareils et réactifs utilisé.....	45
I.3. Méthodes d'extraction et préparation des extraits.....	46
I.3.1. Macération pendant 24 h.....	46
I.3.2. Décoction.....	46
I.3.3. Calcul du rendement des extraits.....	47
I.4. Screening photochimique.....	47
I.7. 1. Identification des Quinones libres.....	47
I.7. 2. Identification des flavonoïdes.....	48
I.7. 3. Identification des Tanins.....	48
I.7. 4. Identification des saponines.....	48
I.7. 5. Identification des Tanins vrais.....	48
I.7. 6. Identification des Alcaloïdes.....	48
I.7. 7. Identification des Stérols et polyterpènes.....	48
I.7. 8. Identification des phénols.....	49
I.7. 9. Identification des flavonoïdes glycosides.....	49
I.7. 10. Identification des Sucres réducteurs.....	49
I.8. Les analyses quantitatives.....	49
I.8. 1. Polyphénols totaux.....	49
I.8. 2. Flavonoïdes.....	49
I.8. 3. Tanins condensés.....	50

I .9. Test du piégeage du radical libre DPPH*.....	50
I .9.1. Protocole de l'étude de l'activité antioxydants .....	51
I .9. 2. Calcul des pourcentages d'inhibition .....	52
I .10.2. Calcul des " IC50".....	52

## **Chapitre II : Résultats & Discussions**

II. 1. Résultats de l'étude photochimique.....	53
II.1.2. Rendements des extractions.....	53
II.1.3. Étude photochimique des extraits de l'artichaut.....	53
II.2. Les analyses quantitatives.....	56
II.2.1. Les analyses quantitatives des phénols totaux (des limbes et feuilles).....	56
II.2.2. Les analyses quantitatives des flavonoïdes totaux (des limbes et feuilles).....	57
II.2.3. Les analyses quantitatives des tanins (des feuilles).....	59
II.3. Activité antioxydants (DPPH) des extraits (les limbes et le feuilles) .....	60
Discussion.....	62
<b>Conclusion &amp; Perspectives.....</b>	<b>64</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>66</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>76</b>

## ***INTRODUCTION***

## INTRODUCTION

L'artichaut (*Cynara scolymus*L.) est une plante méditerranéenne largement utilisée en médecine traditionnelle pour ses propriétés biologiques attribuées aux composés actifs qu'il contient ;(Mahmoudi S. et al., 2013). L'artichaut (*Cynara scolymus*L.) de la famille des Astéracées est largement cultivé et consommé comme légume dans les régions méditerranéennes. Les feuilles d'artichaut sont utilisées en médecine traditionnelle pour leurs vertus curatives et leurs propriétés antioxydantes et antimicrobiennes. (Skiredj H. et al., 2003).

De multiples constituants et micronutriments de cet aliment tels que les fibres, les vitamines, les minéraux et les polyphénols jouent un rôle important grâce à l'effet protecteur qui s'explique en partie par leurs propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires. (Mahmoudi S. et al., 2013).

Cet effet protecteur favorise la diminution de du risque des maladies métaboliques telles que les pathologies cardiovasculaires, l'obésité, le diabète, les maladies neurodégénératives, le cancer et les troubles fonctionnels intestinaux(TFI) représentent un véritable problème de santé public. C'est un trouble gastro-intestinal biopsychologique très répandu qui a un impact incontestable sur la qualité de vie des patients. Il est caractérisé par une gêne abdominale ou une douleur avec absence de toute pathologie organique. Sa prévalence dans la population générale se situant entre 10% et 15 %, le SCI représente l'un des troubles fonctionnels gastro-intestinaux les plus communs dans le monde. (Belhanafi S. et Belhouari S., 2021).

A cet effet, nous sommes intéressés à entreprendre une étude potée sur l'identification de la composition chimique et l'activité antioxydante des limbes et des feuilles d'artichauts utilisées

L'objectif de notre étude était :

- Evaluer l'importance du recours aux plantes médicinales dans le traitement de la colopathie chronique.
- Identifier les composés actifs de l'espèce *Cynara scolymus* L
- Evaluer le potentiel antioxydant de cette plante

Notre travail est subdivisé en trois parties :

La première partie constitue une synthèse bibliographique regroupant dans le premier chapitre un aperçu général sur les troubles fonctionnels intestinaux, le deuxième chapitre citant des généralités sur les plantes médicinales et la phytothérapie, et le troisième chapitre donne des généralités sur les antioxydants.

Dans la deuxième partie de ce travail, basée sur une description du matériel végétal utilisé dans notre expérimentation ainsi que les étapes et les modes opératoires utilisés dans cette étude et qui seront développés tout au long du quatrième chapitre : matériels et méthodes. Dans le cinquième chapitre, nous rapportons les résultats obtenus, les interprétations et une discussion concernant le screening phytochimique, le dosage des composés bioactifs et l'ale potentiel antiradicalaire DPPH. Notre travail s'achève par une conclusion générale en rapportant quelques perspectives.

# **Partie bibliographique**

## **Chapitre I**

### **Aperçu général sur les troubles fonctionnels intestinaux**

## **I.1. Définition**

Les troubles fonctionnels intestinaux (TFI) désignent l'ensemble des manifestations chroniques pour lesquelles aucune anomalie lésionnelle, infectieuse ou métabolique n'est mise en évidence par les examens habituels. Plusieurs appellations ont été proposées parmi lesquelles celles de la colopathie fonctionnelle, de l'intestin irritable, de la névrose obsessionnelle, et du côlon hyper réactionnel. **(Atidi H., 2016).**

Les troubles fonctionnels intestinaux TFI correspondent à une symptomatologie digestive chronique qui oriente vers un dysfonctionnement du tube digestif bas. Cette symptomatologie est considérée comme fonctionnelle car aucune anomalie organique, morphologique et/ou biologique ne vient l'expliquer. **(Ducrotie P., 2005).**

Le principal TFI est le syndrome de l'intestin irritable (SII) qui est un trouble fonctionnel intestinal dans lequel des douleurs abdominales et/ou un inconfort digestif sont associés à la modification du transit intestinal et de la consistance des selles, un ballonnement et/ou une distension abdominale sont également fréquemment associés. Il est également appelé syndrome du côlon irritable ou colopathie fonctionnelle. **(Bensalek F., 2018).**

## **I.2.Epidémiologie**

La prévalence du SII dans la population générale varie en fonction des critères de définition qui sont adoptés. Environ 15 % des sujets interrogés au sein de la population générale se plaignent de SII et un tiers d'entre eux consultent un médecin pour ce motif. La prépondérance féminine de l'affection est bien établie avec un sexe ratio d'environ 2.

Le diagnostic est porté en général entre 30 et 40 ans mais l'âge réel de début des symptômes est habituellement plus précoce. Un début plus tardif de la symptomatologie, vers 50-60 ans, est plus rare. Dans 1 à 2 cas sur 10, le SII apparaît au décours d'un épisode de gastroentérite aigu. **(Pichet T. et al., 2007).**

## **I.3. Anatomie du côlon**

Le côlon, appelé aussi gros intestin Il a une longueur d'environ 1 m 50 et comporte plusieurs parties :

-La première partie du côlon se situe à côté droit de l'abdomen (côlon droit). Le côlon traverse ensuite l'abdomen de la droite vers la gauche (côlon transverse). Et redescend enfin vers le bas à la partie gauche de l'abdomen (côlon gauche).la dernière partie du côlon gauche

est appelée côlon sigmoïde. L'intestin se poursuit après le côlon sigmoïde par le rectum. (Sifi S. et Benghernaout I., 2017).

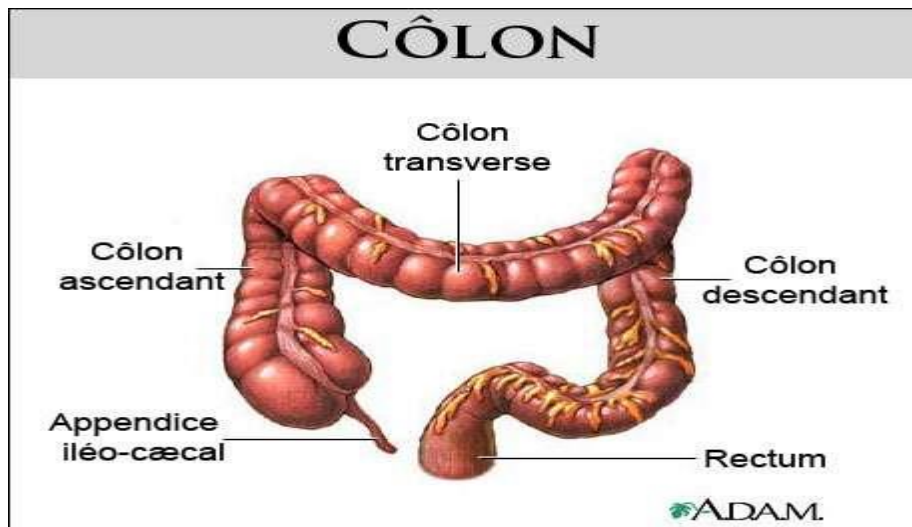


Figure n°01 : Anatomie de côlon (Sifi S. et Benghernaout I., 2017).

#### I.4. Causes

Les causes ne sont pas connues mais plusieurs hypothèses sont évoquées pour expliquer l'origine de ce syndrome complexe qui associe à des degrés divers:

- ❖ Trouble de la motricité intestinale digestive.
- ❖ Hypersensibilité viscérale.
- ❖ Anomalie de la flore digestive, état micro inflammatoire de la muqueuse digestive.
- ❖ Augmentation de la perméabilité digestive.
- ❖ Anomalie de contrôle de la douleur viscérale au niveau médullaire et anomalie de l'intégration de la douleur viscérale au niveau cortical. (Courtois M. et Martinec S., 2016).

#### I.5. Facteurs de risque

L'étiologie du syndrome de l'intestin irritable (SII) n'est toujours pas claire. Certaines études mettent en avant une prédisposition génétique autant que des facteurs environnementaux. Des troubles de la motilité gastro intestinale, une hypersensibilité viscérale, des dysfonctions psychologiques et un stress émotionnel ont été observés par un grand nombre d'études. (Bensalek F., 2018).

### **I.5.1. Facteurs psychologiques**

Les facteurs psychologiques retrouvés dans le SII sont : « l'anxiété, la dépression, la somatisation, l'hypochondrie, la peur en relation avec les symptômes et la dramatisation ». Ils peuvent induire la survenue du SII. Ainsi, il peut être intéressant de procéder à une évaluation psychologique dans la prise en charge du SII, puisque les facteurs psychologiques entraînent une persistance et une sévérité des douleurs dans le SII et impliquent une dégradation de la qualité de vie du patient. Il y a une communication constante et bidirectionnelle entre le cerveau et les intestins, qui est parfois considéré comme notre « deuxième cerveau ». Cette communication impliquerait, en plus des médiateurs de la transmission nerveuse, des hormones sécrétées par le tube digestif et agissant sur le cerveau. **(Goucerol G., 2015).**

### **I.5.2. Prédisposition génétique**

SURDEA-BLAG T et al, rapportent que 33 à 42% des patients atteints du SII ont des antécédents familiaux du SII. Une étude norvégienne montre qu'il existe un lien entre les facteurs génétiques et l'apparition du SII. **(Deregnaucourt G., 2020).**

## **I.6. Symptômes**

Les symptômes les plus courants du SCI sont les douleurs abdominales liées aux mouvements de l'intestin et des activités irrégulières l'intestin menant à une constipation, une diarrhée ou une diarrhée en alternance avec la constipation. **(Kahlouch S et Ketrouti N., 2018).**

### **I.6.1. Diarrhée**

Une diarrhée est définie par l'émission de selles trop fréquentes, trop abondantes de consistance anormale (liquide ou très molle). En pratique clinique on parle de diarrhée selon l'Organisation Mondiale de la Santé, lorsqu'il y a au moins trois selles très molles à liquides par jour. Une diarrhée est dite aiguë lorsqu'elle évolue depuis moins de 2 semaines, prolongée lorsqu'elle évolue depuis 2 à 4 semaines, chronique lorsqu'elle évolue depuis plus d'un mois. **(Louis E, .2014).**

#### **I.6.1.1. Syndrome du côlon irritable avec diarrhée (D-SCI)**

- ❖ Selles défaites (Bristol 6-7) du temps et selles dure 25% (Bristol 1-2) <25% du temps.
- ❖ Représente jusqu'à un tiers des cas.
- ❖ Plus fréquent chez l'homme. **(Portela J., 2016).**

## I.6.2. Constipation

La constipation chronique se traduit par un retard ou une difficulté à déféquer. Les selles sont alors rares, et généralement de petit volume, compactes, sèches et dures. En moyenne, moins de 3 selles par semaine. On parle de constipation chronique lorsque le problème de transit dure depuis au moins 6 mois, avec des symptômes plus ou moins visibles. (Jimmy S., 2015).

### I.6.2.2. Syndrome de l'intestin irritable avec constipation (CSII)

- ❖ Selles dures >25% du temps et selles molles <25% du temps.
- ❖ Représente jusqu'à un tiers des cas.
- ❖ Plus fréquent chez les femmes. (Portela J., 2016)

## I.6.3. Type mixte

Syndrome du côlon irritable avec alternance de diarrhée et de constipation (MSCI), représente par des selles dures et molles >25% du temps et un tiers à la moitié des cas les sous-groupes se définissent en fonction de la consistance des selles selon l'échelle de Bristol. (Sabaté M et Jouët P., 2016).








Type 1		Selles dures et morcelées (en billes) d'évacuation difficile
Type 2		Selles dures, moulées en saucisse et bosselées
Type 3		Selles dures, moulées en saucisse, à surface craquelée
Type 4		Selles molles mais moulées, en saucisse (ou serpentin)
Type 5		Selles molles morcelées, à bords nets et d'évacuation facile
Type 6		Selles molles morcelées, à bords déchiquetés
Type 7		Selles totalement liquides

Figure n°02: Échelle de bristol (Portela J., 2016).

## **I.7. Effets de l'alimentation sur côlon irritable**

L'éviction d'aliments reste actuellement contestée malgré une «relation chronologique entre la prise alimentaire et l'apparition ou l'aggravation des symptômes». Les aliments ne sont pas la cause principale du SCI. Ils sont considérés comme modulateurs des symptômes. **(Bachelor B., 2014).**

Aucune étude n'a prouvé un rôle déterminant de l'alimentation dans la pathogénèse ou le traitement de SCI. Certains aliments (aliments gras, haricots, alcool, caféine, fibres alimentaires, excès en hydrates de carbone, édulcorants, fructose, lactose) semblent pourtant accentuer les symptômes chez certains patients. **(Zurich M., 2008).**

### **I.7.1. Rôles physiologiques de l'alimentation**

L'alimentation joue un rôle essentiel dans notre santé. Elle nous permet de faire face à nos besoins en calories, en protéines, en vitamines et en oligo-éléments, mais elle peut aussi mettre en danger notre santé, le cas ou occasionne l'injection dans notre environnement d'une masse de produits dont on connaît mal l'effet sur l'environnement et sur notre santé. L'alimentation pèse d'un poids énorme sur notre environnement et sur les ressources naturelles, ce qui pourrait mettre en jeu, à terme, notre avenir et notre survie en tant qu'espèce. **(Maetz M., 2014).**

### **I.7.2. Digestion**

La digestion est une fonction purement chimique; elle consiste en une hydrolyse enzymatique. Les aliments mis en présence de sucs digestifs très actifs, contenant des enzymes, sont décomposés en molécules très petites et solubles susceptibles de circuler dans le sang et de s'incorporer dans les cellules. La case départ est le cerveau. Le premier temps de la digestion consiste en la reconnaissance de l'aliment par les organes des sens. Le corps se prépare à recevoir l'aliment et à le digérer, les organes des sens sont impliqués, accompagnés de phénomènes réflexes, Vue, odeur, évocation d'un aliment sont capables d'induire une sécrétion de la salive et des enzymes digestives. **(Nathan P., 2011).**

Le tube digestif est un tube creux qui s'étend de la cavité buccale à l'anus, à partir de l'œsophage, la paroi digestive comporte quatre couches concentriques qui sont, du dedans au dehors : la muqueuse, la sous muqueuse, la musculuse et l'adventice. **(Kohler C., 2011).**

### **I.7.3. Devenir des aliments dans le tube digestif**

Au cours de la digestion, les aliments sont transformés progressivement en éléments plus simples qui pourront passer dans le sang pour être distribués et utilisés par tous les organes.

Dans la bouche, les aliments sont mastiqués et imprégnés de salive. Ils passent par l'œsophage qui les conduit à l'estomac où ils subissent une double action mécanique et chimique (suc gastrique) : là, ils sont brassés, mélangés et réduits en bouillie. Dans l'intestin grêle, la digestion se continue grâce à d'autres acides et à la bile (la bile n'est pas un acide, elle aide à la digestion des graisses). Les aliments utilisables (nutriments) passent dans le sang au travers de la paroi de l'intestin grêle (sorte de filtre), c'est l'absorption intestinale. (**Allain J., 2008**).

#### **I.7.4. Troubles digestifs**

Les problèmes de digestion sont malheureusement variés. Car une digestion difficile se traduit par des douleurs abdominales, des nausées ou des vomissements, une diarrhée, des ballonnements, l'ensemble volontiers accompagné de migraines. On parle d'indigestion quand il y a un état de malaise général. Dans la majorité des cas, elle est consécutive à un excès de nourriture et/ou d'alcool. En général, le repos et une diète pendant quelques jours suffisent pour retrouver son état de santé habituel. (**Anonyme A., 2012**).

#### **I.8. Traitement**

Les objectifs du traitement sont de diminuer la fréquence et l'intensité des symptômes, de diminuer la sévérité de la maladie et donc d'améliorer la qualité de vie des malades. (**Delbour C., 2016**).

L'effet placebo est particulièrement important en cas de SII, pouvant être de l'ordre de 40 à 50%, (l'attente d'amélioration des symptômes étant très importante chez ces patients) avec en général un gain d'efficacité des traitements inférieur à 20 % par rapport au placebo. (**Sabate J, Jouet P., 2016**).

##### **I.8.1. Traitement nutritionnel**

###### **I.8.1.1. Régime**

Les symptômes sont fréquemment déclenchés ou aggravés par la prise alimentaire et cela participe beaucoup à l'altération de la qualité de vie. Plusieurs catégories d'aliments sont concernées :

### ➤ **Fibres**

Les fibres ont un rôle ambivalent. Dans le sous-groupe C-SII, il y a un bénéfice modeste à leur consommation pour le transit. Par contre, les fibres insolubles aggravent le ballonnement secondairement à la dysbasie fonctionnelle du SII qui accroît la production de certains gaz et peut interférer avec le fonctionnement du système nerveux entérique. Les réduire peut améliorer l'inconfort abdominal. **(Delbour C., 2016).**

### ➤ **FODMAPS**

Le terme "FODMAP" est un acronyme de fermentables• oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides, and polyols, regroupe des sucres tels que le fructose, le lactose, ou des alcools comme le sorbitol. **(Belhouari S. et Belhanafi S., 2021)**

### **I.8.2. Médicaments**

Certains symptômes, lorsqu'ils sont particulièrement inconfortants, peuvent être soulagés à l'aide de médicaments. En cas de constipation persistante, des laxatifs peuvent être utilisés. En cas de diarrhée, paradoxalement, les suppléments de fibres peuvent encore amener une amélioration. Les médicaments anti diarrhéiques, tels que l'Imodium®4, peuvent être utilisés, mais avec modération. **(Bradesi et al., 2006).**

On trouve en pharmacie, en vente libre, des médicaments anti-flatulences qui aident à réduire les gaz. C'est le cas de GazX et de Gas Relief, notamment. Certains types d'antidépresseurs, notamment les inhibiteurs sélectifs du recaptage de la sérotonine, pourraient aider les patients souffrant du syndrome du côlon irritable.

Ils contribuent non seulement à diminuer l'anxiété, mais également à réduire la perception de la douleur. On utilise parfois des antispasmodiques, puisqu'ils contribuent à relaxer les muscles de l'intestin. **(Menees et al., 2012).**

### **I.9. Chirurgie intestinale (colorectale)**

Lorsque vous êtes admis à l'hôpital pour votre chirurgie intestinale, vous entrez dans un Cheminement clinique (programme de guérison rapide). Ce programme vise à vous aider à vous rétablir rapidement et en toute sécurité. Le côlon, ou gros intestin, s'interpose entre grêle et rectum. Pour le chirurgien, il comporte principalement deux portions : le côlon droit vascularisé par les branches de l'artère mésentérique supérieure, et le côlon gauche

vascularisé par l'artère mésentérique inférieure. Il dessine un cadre dans la cavité abdominale et, dans ses différents segments, entre ainsi successivement en rapport avec la presque totalité des viscères intra-abdominaux. On doit distinguer les segments coliques accolés (ascendant et descendant) des segments mobiles (transverse et sigmoïde) amarrés par un long méso libre. **(Gallot D., 2006).**

#### **I.10. Traitement à base de plantes**

En raison de la diversité des facteurs impliqués dans la physiopathologie des TFI et les résultats décevants des médicaments conventionnels, l'utilisation de la médecine alternative et complémentaire (CAM) et en particulier les plantes médicinales est en augmentation dans le traitement de SII. Les plantes médicinales traditionnelles sont utilisées depuis longtemps pour traiter les troubles gastro-intestinaux, y compris le syndrome de l'intestin irritable, certains essais cliniques montrent un avantage des préparations à base de plantes pour le traitement symptomatique de cette maladie. Cependant, il est souhaitable de trouver des plantes plus efficaces pour soulager cette pathologie. **(Bensalek F., 2018).**

Après avoir établi le diagnostic de la colopathie fonctionnelle en écartant les pathologies auto-immunes telles que la maladie de Crohn ou la rectocolite hémorragique ainsi que les infections et les cancers, on pourra traiter cette pathologie par la phytothérapie qui repose sur l'utilisation des plantes antiseptiques pour maintenir une flore normale et saine et éviter le développement de germes, ainsi des plantes antispasmodiques pour réduire les douleurs liées aux spasmes intestinaux et traiter les ballonnements, ou bien des plantes agissant sur la nervosité. **(Bensalek F., 2018).**

**Tableau n° 01 : Les plantes médicinales à intérêt thérapeutique pour la colopathie chronique (Séverine M., 2001).**

Plantes	Dénomination	Autres propriétés	Indications
Argile blanche	Kaolin (CALMODIGER)	Pansement digestif	Indigestion, dyspepsie, Aérophagie, ballonnement Météorisme, colopathie fonctionnelle, diarrhée
Charbon végétal	Populus nigra Salicaceae noix de coco	Pansement digestif	Indigestion, dyspepsie Aérophagie, ballonnement Météorisme, colopathie Fonctionnelle, diarrhée
Myrtille Airelle	Vaccinium Myrtillus Ericaceae	Antibactérien intestinal Antispasmodique	Diarrhée, colopathie fonctionnelle
Noyer	Juglans regia Juglandaceae		Diarrhée, Colopathie fonctionnelle
Tormentille	Potentilla tormentilla Rosaceae		Diarrhée, Colopathie fonctionnelle
Salicaire	Lythrum salicaria Lythraceae	Antibactérien intestinal	Diarrhée Colopathie Fonctionnelle
Achillée Millefeuille	Achillea millefolium Asteraceae	Anti- inflammatoire Cholérétique	Diarrhée, indigestion Dyspepsie,

			epigastralgie Gastrite, ballonnement Colopathie fonctionnelle
Artichaut	Cynarascolymus Asteraceae	Amphocholérétique Cholérétique	Dyspepsie, Constipation Indigestion
Réglisse	Glycyrrhizaglabra Fabaceae	Anti-inflammatoire	Diarrhée, indigestion Dyspepsie, epigastralgie Gastrite, ballonnement Colopathie fonctionnelle
Mauve	MalvasylvestrisMalvaceae	Laxatif à effet de lest	Ruflux, gastro- oesophagien Indigestion, Dyspepsie Epigastralgie, Gastrite Colopathie, fonctionnelle

### I.11. Mesures hygiéno-diététiques

Certains patients atteints de SII décrivent une relation nette, parfois reproductible, entre la prise d'un aliment précis, ou d'une famille d'aliment, et la survenue de symptômes digestifs faisant poser la question d'une allergie ou d'une intolérance alimentaire.

L'allergie alimentaire réelle et diagnostiquée se produit chez 6-8% des enfants et 1-4% des adultes. La réaction allergique alimentaire, qui est provoquée par l'immunoglobuline E, se produit dans les 2 heures qui suivent l'ingestion de l'aliment, et se manifeste par un gonflement, des démangeaisons, une urticaire, une respiration sifflante, des nausées, des vomissements, des diarrhées, des douleurs abdominales et un effondrement. Il n'existe aucune preuve qu'une telle réaction allergique ait lieu dans le SII.

Une grande proportion des patients atteints de SII se plaint d'intolérance subjective à divers aliments, comme le lactose, le gluten, ou même certains fruits ou légumes. L'intolérance alimentaire est une réaction non-toxique, non immune-médiée, aux produits chimiques bioactifs dans les aliments tels que les histamines, les sulfites et le glutamate monosodique. La malabsorption de glucides à chaîne courte présents dans certains aliments et qui sont faiblement absorbés, regroupés sous l'acronyme FODMAP, doit être prise en considération, d'autant que ces sucres sont incorporés de plus en plus largement dans les préparations alimentaires industrielles. **(EL-SalhyM et .Gundersen D., 2015).**

## **Chapitre II**

### **Aperçu général sur les métabolites secondaires**

## **II.1. Définition et généralités**

Le métabolisme secondaire est défini comme l'ensemble des voies permettant la synthèse de petites molécules, non essentielles mais pouvant procurer un avantage sélectif dans certaines conditions. Ces molécules sont appelées métabolites secondaires. Le métabolisme secondaire est généralement opposé au métabolisme primaire qui regroupe l'ensemble des voies cataboliques et anaboliques indispensables à la survie et à la reproduction de la cellule. Cela dit, il est difficile de poser une définition bien tranchée séparant métabolisme primaire et secondaire, cette séparation n'existant dans les faits que pour des conditions de laboratoire bien définies. Par exemple, les sidérophores, petites molécules utilisées pour capturer le fer dans l'environnement, sont considérés comme des métabolites secondaires, bien que ces molécules soient souvent indispensables à la survie des organismes producteurs dans leur environnement naturel. **(Drago H., 2015).**

Il existe une grande variété de métabolites secondaires pouvant avoir des structures chimiques diverses et complexes et de très nombreuses activités biologiques. On peut citer la capacité à tuer ou inhiber la croissance des bactéries (on parle alors d'antibiotiques), des champignons (antifongiques) ou d'autres organismes eucaryotes, tels des protistes ou des helminthes (antiparasitaires). D'autres composés peuvent jouer un rôle dans la régulation du métabolisme de l'organisme. Certaines molécules peuvent également servir à la communication entre cellules (quorum sensing). La plupart des métabolites secondaires sont produits par les plantes, les bactéries et les champignons. Ils sont souvent synthétisés après la phase de croissance végétative (dans le cas de microorganismes) quand des stress de différentes natures commencent à s'exercer. **(Drago H., 2015).**

## **II .2. Composés phénoliques**

Les composés phénoliques sont, pour la plupart, dotés de pouvoir antioxydant. Ainsi, l'un des objectifs principaux de la thèse est-il la caractérisation chimique et biologique des biomolécules issues des deux espèces de palmiers précédemment citées, reconnues pour leur aptitude à piéger les radicaux libres. Notre attention se focalisera sur les composés AO appartenant à cette famille. **(Rezaire A., 2012).**

### **II.2.1. Structures et classification**

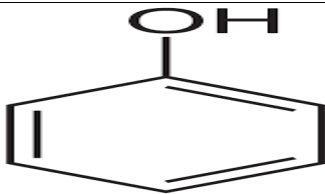
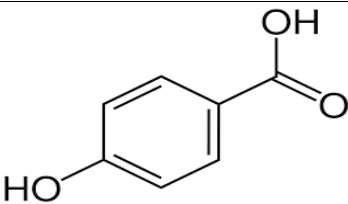
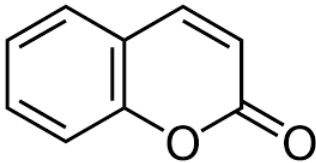
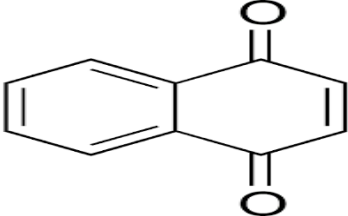
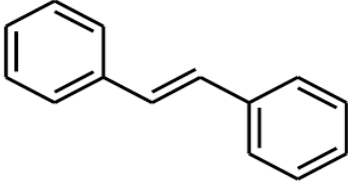
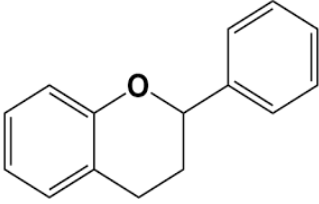
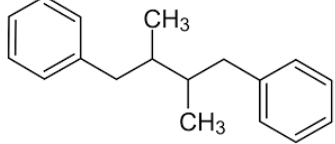
Les composés phénoliques, ou polyphénols, constituent une famille de molécules organiques largement présentes dans le règne végétal. On les retrouve dans les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits, et ils font donc partie intégrante de notre alimentation. Ce sont des

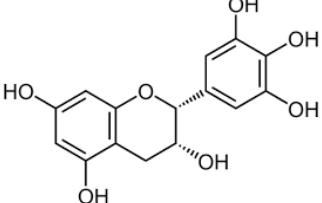
métabolites secondaires produits par les plantes pour interagir avec les autres végétaux et les animaux. Ils n'exercent pas de fonction directe au niveau des activités fondamentales de l'organisme végétal, comme la croissance ou la reproduction. Le terme phénolique est utilisé pour définir des substances qui possèdent au moins un groupement hydroxyle (OH) substitué sur un cycle aromatique. Ce nom provient du composé parent le plus simple : le phénol, les polyphénols naturels peuvent donc être des molécules simples comme les acides phénoliques, mais aussi des composés hautement polymérisés comme les tanins. Plusieurs milliers de composés phénoliques ont été caractérisés jusqu'à ce jour dans le règne végétal. On compte, à l'heure actuelle, environ 8000 composés, ils ont tous en commun la présence d'un ou plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles (Tableau n°2).

La large variété de polyphénols peut être divisée en une dizaine de classes dont la structure chimique peut être répartie en deux grands groupes, les flavonoïdes et les autres. Les flavonoïdes, qui représentent la classe la plus abondante et la plus étudiée de cette classification, comptent plus de 4000 composés découverts à ce jour. Les composés de chaque sous-classe des flavonoïdes se distinguent par le nombre, la position et la nature des substituants (groupements hydroxyles, méthoxyles ou autres) sur les deux cycles aromatiques A et B et en position 3 sur l'hétérocycle central. C'est d'abord la structure de ce dernier et son degré d'oxydation qui permet de distinguer les différentes classes de flavonoïdes. Les autres possèdent une structure chimique plus simple comme les acides phénoliques et les stilbènes dont les dérivés sont parfois complexes, comme les oligomères de stilbènes, les gallotanins, et les ellagitanins.

Les acides phénoliques, les stilbènes, les flavonoïdes, les tanins et les lignanes sont majoritairement présents dans les feuilles, les fleurs et l'écorce de bois. Ces molécules jouent un rôle majeur au niveau de la croissance des végétaux et dans la lutte contre des agents pathogènes et des infections. La couleur des fruits, des fleurs et des feuilles est une des caractéristiques d'une sous-classe des flavonoïdes. **(Rezaire A., 2012).**

**Tableau n°02 : Principales classes des composés phénoliques (Rezaire A, .2012).**

Squelette carboné	classe	Structure de base
C6	Phénols simple	
C6-C1	Acide hydrox benzoïque	
C6-C3	Acide hydrox cinnamique coumarine	
C6-C4	Naphtoquinone	
C6-C2-C6	Stilbénes	
C6-C3-C6	flavonoïdes	
(C6-C3)2	lignanes	
(C6-C3) n	lignines	

(C6-C3-C6) n	Tanins condensés	
--------------	------------------	--

### II.2.3 Propriétés biologique des polyphénols

Bien qu'ils aient été longtemps considérés comme des facteurs antinutritionnels, les composés phénoliques apportés par l'alimentation (fruits, légumes, céréales, épices) sont aujourd'hui reconnus comme des éléments importants chez les humains permettant de lutter contre le stress oxydatif responsable de la dégradation des biomolécules essentielles (lipides, glucides, protéines et acides nucléiques) et associés à de nombreuses pathologies comme le cancer, le diabète ou les maladies cardiovasculaires. En effet, grâce à leurs propriétés antioxydantes induites par la présence par de(s) cycle(s) phénolique(s) ils sont un appui précieux aux systèmes de défenses enzymatiques endogènes en participant, par différents mécanismes, au piégeage des radicaux libres, à la chélation des métaux ou encore à l'inhibition d'enzymes pro-oxydantes. En outre, ils possèdent d'autres propriétés physico-chimiques (anti-UV) ou biologiques (vasodilatatrices, antiallergéniques, anti-inflammatoires, anti-atherogénique, anti-thrombotique, antimicrobienne) qui contribuent à leur effet protecteur global. Dans cette partie, nous nous sommes intéressés plus particulièrement aux propriétés antioxydantes et antiradicalaires des composés phénoliques que nous nous proposons de passer en revue. (Lagua O., 2019).

### II.2.4. Classification des polyphénols

Une classification de ces substances a été proposée par **HARBORNE en 1980**. On peut distinguer les différentes classes des polyphénols en se basant d'une part, sur le nombre d'atomes constitutifs et d'autre part, sur la structure de squelette de base. Deux principales classes sont largement répandues :

- Les flavonoïdes.
- Les tanins. (Larbi Dj et Amrous S., 2017)

### II.3. Acides phénoliques

Les acides phénoliques sont des composés qui ont des propriétés antioxydants pouvant contribuer à prévenir l'apparition de plusieurs maladies (cancers, maladies cardiovasculaires

et maladies liées au vieillissement) en neutralisant les radicaux libres de l'organisme. Les rôles des acides phénols dans la plante sont divers. Ils interviennent comme substrats en amont des voies de biosynthèse des flavonoïdes et des lignines et sont impliqués dans les processus physiologiques tels que la germination, la floraison ou la croissance ainsi que dans la régulation de la voie de biosynthèse des composés phénoliques. On leur attribue une fonction antioxydant permettant de réguler la sénescence cellulaire. Chez les céréales, ils exercent une fonction de «ciment» intercellulaire, engendrant une association étroite entre les polysaccharides tels que les arabinoxylanes, et d'autres molécules non osidiques comme les lignines, ou encore les pectines entre elles ou à d'autres polysaccharides. De telles interactions pourraient contribuer à «compacter» le réseau par un maillage resserré au niveau des parois du péricarpe. De plus, elles seraient impliquées dans l'adhésion des cellules entre elles et entre les couches cellulaires. Les acides phénoliques pourraient également agir comme des facteurs de croissance régulant les divisions et l'expansion cellulaires. Ainsi, parmi les acides phénoliques, l'acide salicylique (m-hydroxybenzoïque) est une molécule «signal» indispensable à la mise en place de la résistance systémique acquise chez le tabac et le concombre (*Cucumissativus*) par exemple, en réponse à de nombreux pathogènes. Les acides phénoliques protègent également les plantes des rayons UV. Ainsi le sinapoylmalate, ester d'acide sinapique avec l'acide malique, a été démontré être impliqué dans la protection contre les effets délétères du rayonnement UV-B dans les feuilles d'arabidopsis. (**Khater F., 2011**).

## **II .4. Flavonoïdes**

### **II .4.1. Définition des flavonoïdes**

Ces métabolites secondaires possèdent un nombre de rôles importants dans le règne végétal qui s'étendent de la pigmentation aux défenses de la plante contre les ultraviolets (rayonnement solaire dont la longueur d'onde est comprise entre 10 et 400 nm) et les attaques de pathogènes. (**Michel J., 2012**).

### **II .4.2. Structure des flavonoïdes**

La structure de base des composés flavonoïdes qui regroupent un grand nombre de molécules, est constituée d'un squelette carboné en C6-C3-C6 de type phényl-2-benzopyrane. Les trois cycles constituant ce type de molécule sont dénommés cycle phloroglucinol pour le cycle A, cycle catéchol ou pyrogalloyl, si respectivement un atome d'hydrogène ou un groupement hydroxyle est en position 5', pour le cycle B et cycle pyrane pour le cycle C. La classification de cette famille s'organise autour du degré d'oxydation et de la substitution en position 3 et 4

du cycle pyranique C. Les anthocyanes et les flavan-3-ols sont les principaux flavonoïdes présents dans les baies de raisin de type *Vitisvinifera* et donc dans les vins rouges. (Michel J., 2012)

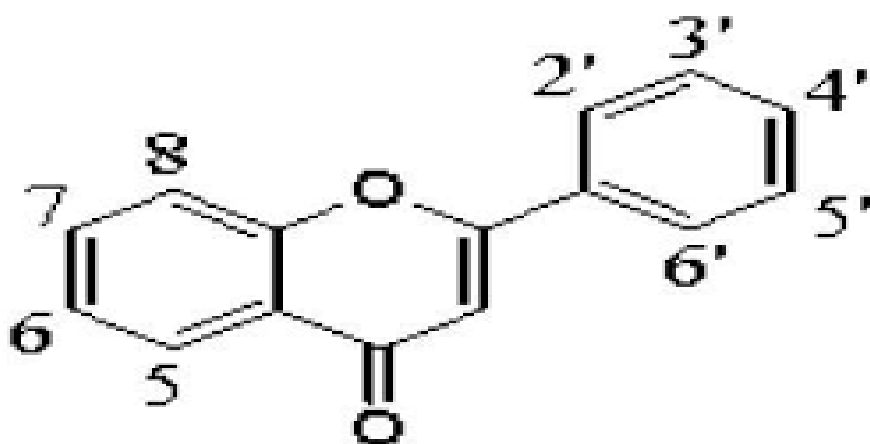
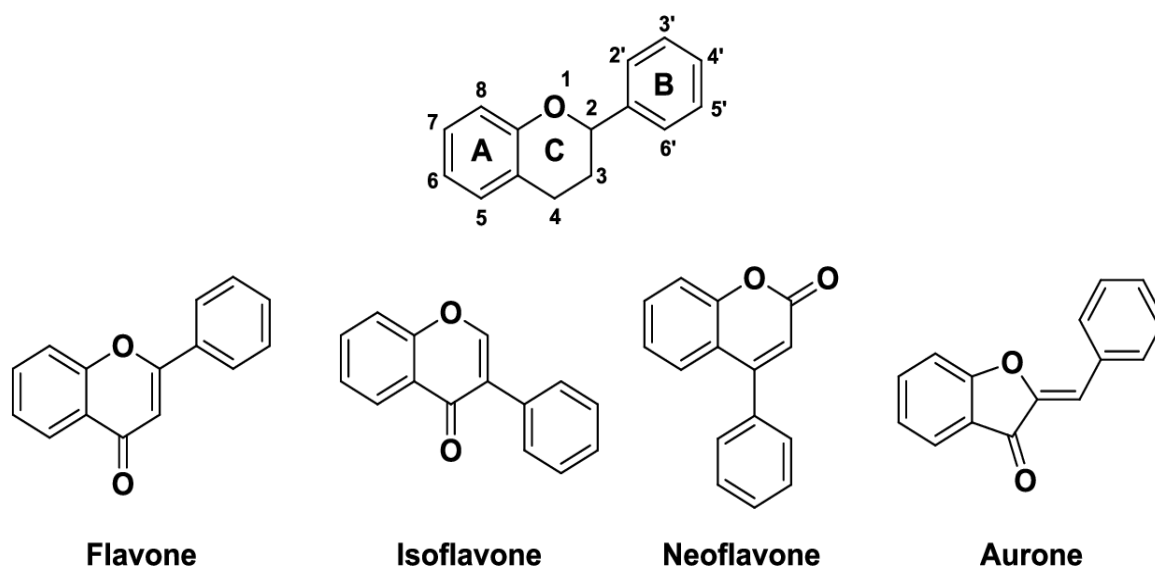


Figure n°03 : Squelette général des flavonoïdes (Michel J., .2012)

#### II .4.3. Classification des flavonoïdes

Comme l'indique la figure 19 plusieurs classes de flavonoïdes apparaissent en fonction du degré d'oxydation du noyau pyranique central. (Ghnimi W., 2015).

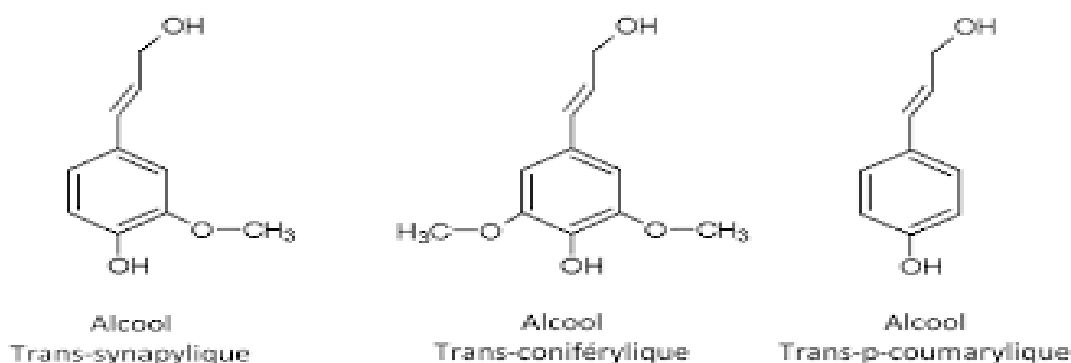
- ✓ Les flavones Caractérisés par une structure C6-C3-C6 avec une liaison C2-C3 est insaturé et une fonction cétone tels que l'apigénine et la vitexine.
- ✓ Les flavanes Ce sont des composés dont l'hétérocycle central C est saturé et qui n'ont pas de fonction cétone. Les flavanes sont répons dans les écorces des végétaux. Ces composés sont connus sous forme de monomères ou polymères exemple la catéchine.
- ✓ Les flavanones Ce sont des flavones dont l'hétérocycle central C est saturé tels que l'hespérine et la fustine.
- ✓ Les flavonols Ce sont des flavones qui se caractérisent par la présence d'un groupement hydroxyle (OH) en position 3 de l'hétérocycle central C tels que le kaempférol, la quercétine et la rutine. (Ghnimi W., 2015).



**Figure n° 04 : Structure de quelques flavonoïdes (Ghnimi W., 2015).**

## II .5. Lignines

La lignine est une macromolécule tridimensionnelle amorphe et partiellement hydrophobe ayant une masse moléculaire variable et pouvant être très élevée. Elle est constituée majoritairement de trois types d'unités phénylpropanoïdes. Trois unités précurseur ont été identifiées : l'alcool p-coumarylique ou encore appelé unité p-hydroxyphénole, l'alcool coniférylique ou encore appelé unité guaiacole et l'alcool synapylique ou encore appelé l'unité syringole. (Schorr D., 2015).



**Figure n°05 : Les trois unités précurseur de la lignine (Schorr D., 2015)**

La différence entre ces trois unités est due au nombre de groupements méthoxyles substitués sur le noyau aromatique. Effectivement, la position 3 du noyau aromatique de l'unité coniférylique est occupée par un groupement méthoxyle; pour l'unité synapylique, ce sont les

positions 3 et 5 qui sont occupées par ces groupements, alors que l'unité p-coumarylique n'est pas substituée par des groupements méthoxyle.

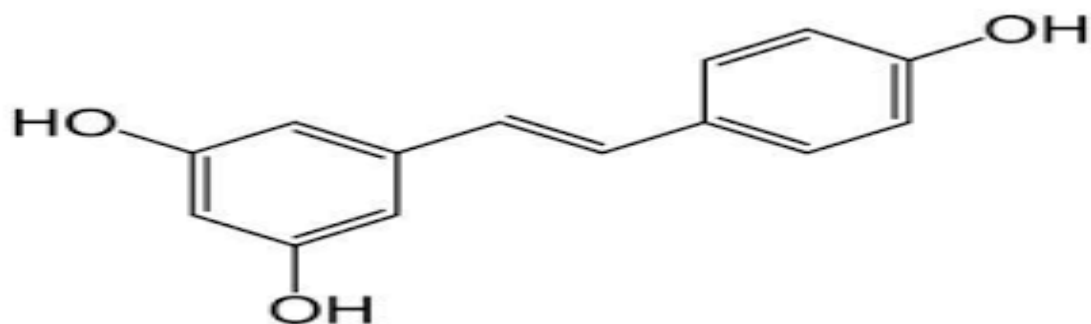
Selon l'espèce de la plante, le rapport entre ces trois unités phénylpropanoïdes varie. Par exemple, dans les gymnospermes, la majorité des unités provient du précurseur guaiacyle alors que dans les angiospermes, le rapport est équilibré entre les unités provenant des précurseurs syringyles et celles des guaiacyles. Dans ces deux espèces, le troisième monolignolp-coumarylique s'avère peu présent. Son observation s'effectue plutôt avec les deux autres unités guaiacyle et syringyle dans les plantes herbacées.

Dans la macromolécule de la lignine, il a été identifié une variété de liaisons inter-unités.

Il existe majoritairement des liaisons éther (C - O - C) dont la liaison  $\beta$ -O-4' qui est la plus importante dans les lignines. Cependant d'autres liaisons éther et carbone-carbone sont observables en moindre quantité. La quantité des différentes liaisons covalentes peuvent aussi varier en accord avec l'origine de la biomasse. (Schorr D., 2015).

## II .6. Stilbènes

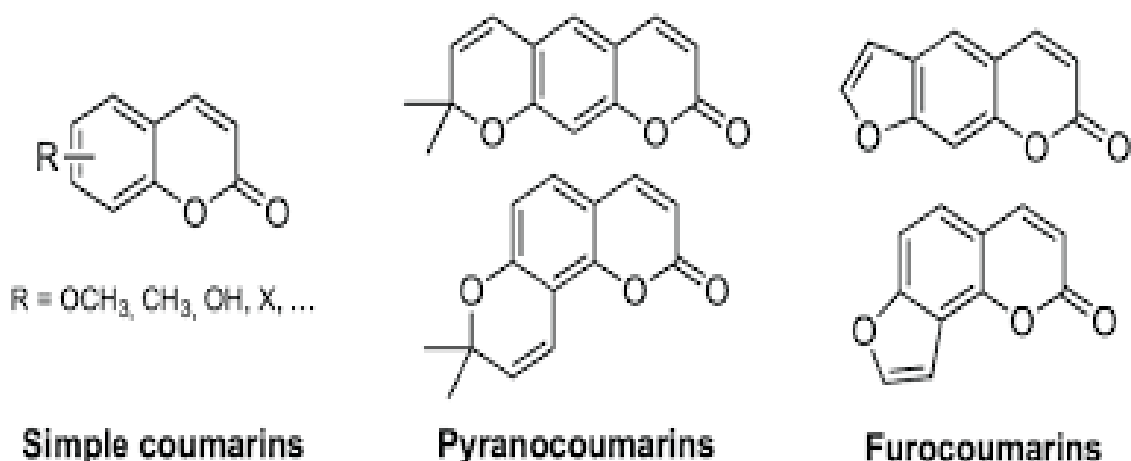
Les stilbènes sont présents chez les Pinacées, les Fagacées, les Liliacées et les Vitacées. Ce sont des composés phénoliques contenant au minimum deux noyaux aromatiques reliés par une double liaison formant un système conjugué. Ils sont de type C6-C2-C6. Les stilbènes existent sous leur forme aglycone comme le resvératrol (isomères trans et cis), qui est le principal stilbène chez la vigne, ou encore sous leur forme glycosylée (picéïdes), ou méthylée (ptérostilbènes). Le resvératrol peut également former des oligomères, tels que les viniférines. Les stilbènes jouent un rôle de phytoalexine antifongique. Ils sont synthétisés dans les feuilles de vigne, ainsi que dans des organes lignifiés (tige, pépins, racines,...) de façon constitutive ou en réponse à des attaques fongiques, principalement dues à *Botrytis cinerea* (responsable de la pourriture grise), *Plasmopara viticola* (responsable du mildiou), ou encore *Erysiphe necator* (responsable de l'oïdium). Ils sont aussi présents, en concentration infime, dans les baies saines. Les stilbènes sont aussi synthétisés en réponse à des stress abiotiques tels que le rayonnement UV, avec une réponse rapide dans les baies tout au long des stades de développement. Dans la baie, les stilbènes sont essentiellement localisés dans la pellicule, et beaucoup plus faiblement dans la pulpe, après la véraison. (Khater F., 2011).



**Figure n° 06 : Structure chimique de quelques stilbènes présents dans le raisin (Khater F., 2011)**

## **II .7. Coumarines**

Les coumarines sont des molécules qui appartiennent à une famille bien particulière. Leur double conjugué système cyclique en fait des molécules intéressantes pour différents domaines de recherche. Coumarines peuvent être trouvées dans l'industrie en tant qu'ingrédients cosmétiques et parfums, en tant qu'additifs alimentaires, et notamment dans l'industrie pharmaceutique dans la synthèse d'un grand nombre de produits pharmaceutiques. Cette dernière application est au centre de notre aperçu. La coumarine se trouve dans la nature dans une grande variété de plantes, en particulier dans la haute concentration dans la fève tonka (*Dipteryx odorata*). On le trouve également dans l'aspérule odorante (*Galium odoratum*), l'herbe de vanille (*Anthoxanthum odoratum*) et le foin d'odeur (*Hierochloa odorata*), entre autres. Ceci explique le grand intérêt pour l'extraction et la caractérisation techniques des coumarines naturelles, et dans la synthèse de leurs dérivés. De plus, la simplicité de son squelette chimique est très attractive, ainsi que la réactivité du benzène et anneaux pyrones. Les doubles liaisons conjuguées sont responsables d'un environnement électronique qui joue un rôle très important dans cette famille de composés. (Aitor C et al., 2021).



**Figure n°07 : Classification de base des coumarines (Aitor C et al., 2021).**

## II .8. Tanins

Les tanins représentent un des quatre groupes de métabolites secondaires des plantes supérieures avec les saponines, les huiles essentielles et les alcaloïdes. À la différence des métabolites primaires intervenant directement dans la nutrition et la croissance, les métabolites secondaires participent à la vie de relation de la plante avec son environnement. La synthèse des tanins est ainsi un des mécanismes de défense contre les agressions des phytopathogènes (bactéries, champignons, virus) et des prédateurs (insectes, mammifères herbivores). Dans ce chapitre, nous présentons les principaux aspects de la connaissance des tanins, de leurs propriétés et leurs effets biologiques, afin de permettre une réflexion conduisant aux expérimentations sur les plantes riches en tanins dans un objectif de réduction des émissions de CH<sub>4</sub>. (Rira R., 2019).

### II .8.2. Description et propriétés

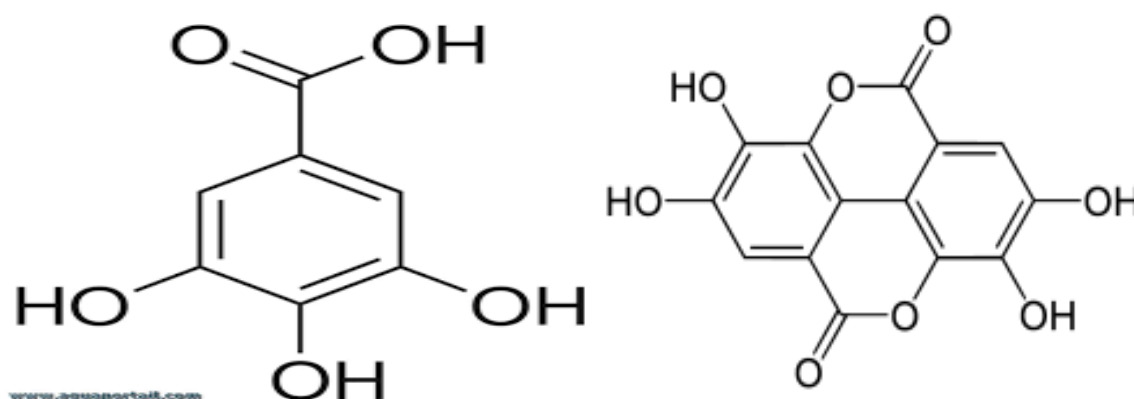
Les tanins sont des substances naturelles polyphénoliques, hydrosolubles, de masse moléculaire comprise entre 500 et 3000, à saveur astringente, ayant en commun la propriété de précipiter les protéines, en s'y liant. Ils forment une vaste famille de molécules caractérisées par la présence d'au moins un noyau aromatique associé à un ou plusieurs groupements phénoliques hydroxylés. Les tanins sont très répandus dans le règne végétal, particulièrement dans certaines familles comme les légumineuses (Fabaceae). Parmi elles, on trouve certaines espèces fourragères tempérées telles que le sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) et les lotiers pédonculés et corniculé. Ces plantes largement utilisées dans les siècles passés et oubliées en raison d'une productivité modérée sont redécouvertes en raison de leurs propriétés environnementales, et leur valeur nutritive est réévaluée. On les retrouve en grand nombre

dans légumineuses arbustives fourragères en régions tropicales, en particulier chez *Leucaenaleucocephala*, *Calliandracaalothyrus* et certaines espèces du genre *Acacia* spp. *Leucaenaleucocephala* et *Calliandracaalothyrus* en particulier sont cultivées à grande échelle dans certains pays pour leur richesse en protéines. (Rira R., 2019).

### II .8.3. Classification des tannins

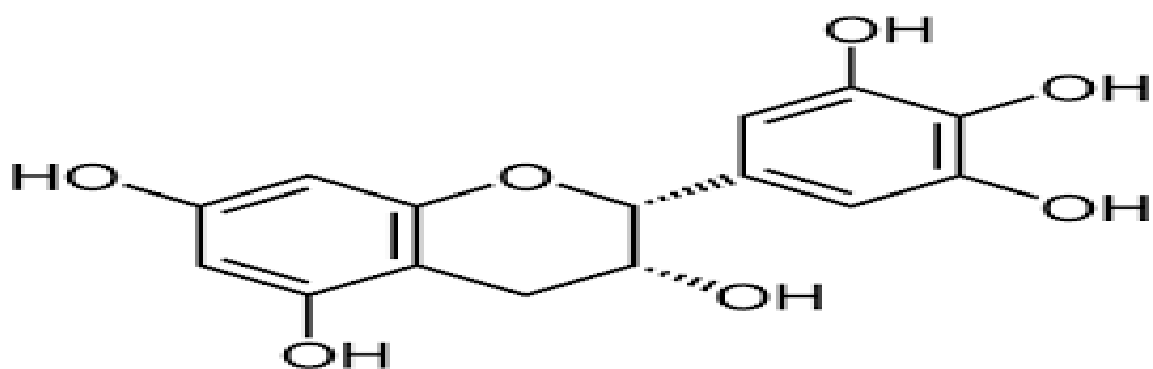
Les tanins vont être classés selon deux groupes de tanins.

- Les tanins hydrolysables : il s'agit d'oligo- ou de poly-esters de sucre, souvent le glucose avec des molécules d'acide-phénols. Ils seront alors classés selon la nature de l'acide-phénol en question : les tanins galliques seront dérivés de l'acide gallique alors que les tanins éllagiques seront dérivés de l'acide hexadroxyphénique. (Thomas D., 2016).



**Figure n°08 : Structure chimique des tanins galliques et des tanins éllagiques (Thomas D., 2016)**

**Les tanins condensés :** ce sont des polymères flavaniques constitués d'unités flavan-3-ols. Ces molécules vont être liées entre elles par des liaisons C-C (type B) ou C-O (type A). Selon la définition, les homo-polymères sont des tanins condensés présentant uniquement des flavan-3-ols alors que les hétéro-polymères présenteront des monomères de classes différentes. (Thomas D., 2016).



**Figure n°09: Structure chimique des tanins condensés (Thomas D., 2016)**

## **II .9. Alcaloïdes**

Les alcaloïdes sont des substances organiques azotées généralement cycliques où l'azote est assez souvent incorporé dans un noyau hétérocyclique. Généralement les alcaloïdes ont des propriétés très basiques, la plupart, ainsi comme leur nom l'indique ont une réaction alcaline, on peut les subdiviser en trois classes, alcaloïdes vrais, protoalcaloïdes et pseudoalcaloïdes. Alcaloïdes vrais: ils se caractérisent par une importante cytotoxicité, expose une vaste activité physiologique, la plupart sont des bases stables, elle comporte un ou plusieurs atomes d'azotes dans le cycle. Protoalcaloïdes: se sont des amines simples comme les acides aminés et d'autre alcaloïdes comme Mescaline, Ephédrine. Pseudoalcaloïdes: regroupe les composés azotés, non dérivés des acides aminés; l'incorporation de l'azote dans la structure se fait en phase finale; comme la Caféine. (Boutaoui N et Zaiter L, .2012)

## **II .10.terpénoïdes**

### **II .10.1. Structure générale et classification**

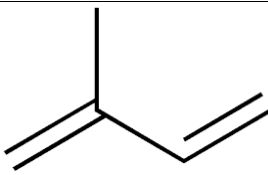
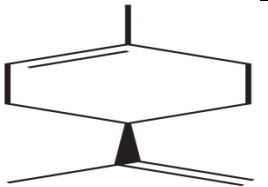
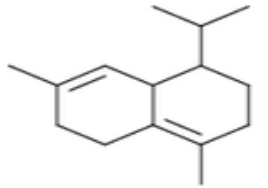
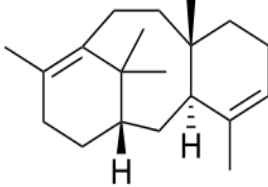
La structure carbonée de base des terpénoïdes est constituée d'un assemblage d'un nombre variable d'unités 2-méthylbutane (aussi appelées unités isoprène - C5). Ces assemblages peuvent être modifiés par ajout/soustraction de groupes méthyles ou ajout d'atomes d'oxygène. La diversité chimique des terpénoïdes végétaux provient alors de la complexité de leurs voies biosynthétiques. Les terpénoïdes sont classés selon le nombre d'unités isoprène dans leur structure de base comme illustré par le Tableau n°3. Les terpénoïdes peuvent également être classés selon le nombre de structures cycliques qu'ils contiennent (cyclique, monocyclique, bicyclique) et l'arrangement des cycles (labdanes par exemple). (Tarek B., 2014).

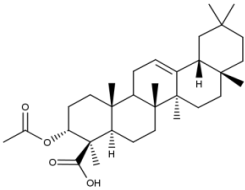
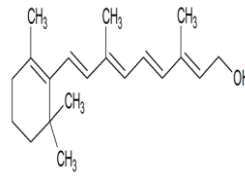
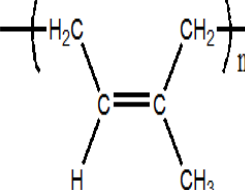
## II .10.2. Fonction des terpénoïdes

Les terpénoïdes sont la plus large famille de produits naturels, et sont présents et souvent abondants dans tous les phylums du vivant, un nombre relativement faible mais quantitativement important des terpénoïdes sont impliqués dans le métabolisme primaire. Cependant, la grande majorité des terpénoïdes sont classés comme des métabolites secondaires, composés non-requis pour la croissance et le développement cellulaire, mais présumés avoir une fonction écologique. (Tarek B., 2014).

## II .10.3. Classification des terpénoïdes

**Tableau n°03:** Classification des terpénoïdes Formules brutes correspondant aux formes hydrocarbonés linéaires possédant un nombre d'insaturation égal au nombre d'unités isoprènes plus 1

Classe	Formule brute	n° d'isoprène	Exemples
Hémiterpènes	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub>	1	
Monoterpènes	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	2	
Sesquiterpènes	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	3	
Diterpènes	C <sub>20</sub> H <sub>32</sub>	4	

Triterpènes	C <sub>30</sub> H <sub>48</sub>	5	
Tétraterpènes	C <sub>40</sub> H <sub>64</sub>	6	
Polyterpènes	(C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> ) <sub>n</sub>	45-30000	

**Chapitre III**  
**Les antioxydants**

### **III. 1. Définition**

Un antioxydant est par définition une espèce chimique plus ou moins complexe diminuant le stress oxydant au sein de l'organisme. Un antioxydant peut donc : prévenir la synthèse de radicaux libres en inhibant l'initiation des chaînes réactionnelles décrites ci-dessus ou désactiver directement les ROS. Les antioxydants peuvent être classés selon leurs modes d'actions : systèmes enzymatiques, inhibiteurs d'enzymes oxydantes, chélateurs de métaux et piègeurs de radicaux libres. 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 antioxydant. Nous les trouvons dans les fruits (pommes, poires, fruits rouges...), les légumes (brocoli, oignon...), les boissons (café, thé, vin...) ainsi que dans les épices, le cacao ou encore les céréales. Ces antioxydants sont surtout connus pour leur capacité à réagir directement réagir 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 poly phénols. (Thomas D., 2016).

### **III .2. Antioxydants non-enzymatiques**

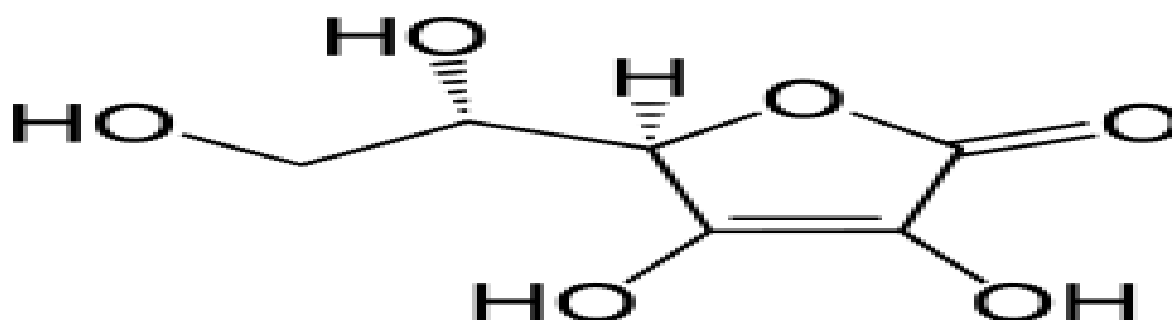
Les principaux antioxydants non-enzymatiques sont le glutathion, la vitamine E, la vitamine C, les caroténoïdes et l'acide urique. Ces molécules vont interrompre la chaîne de réaction radicalaire. (Philippe J., 2012).

#### **III .2.1 .Vitamine C**

##### **III .2.1.1. Définition et structure**

La vitamine C, acide L-ascorbique, est un composé organique hydrosoluble, très répandue dans le monde vivant. Elle fût découverte pour la première fois au 18e siècle lors d'un voyage maritime. Les matelots étaient atteints d'une très grave maladie : le scorbut, caractérisé par l'apparition de douleur osseuse, d'hémorragie gingivale et une forte anémie. Un médecin de la marine anglaise, James Lind démontra l'efficacité de quelques gouttes de jus de citron ou d'orange dans le traitement préventif et curatif du scorbut. Cette maladie est en effet due à une carence prolongée en vitamine C. En 1928, « l'acide ascorbique » fût isolé du jus de citron, par le biochimiste hongrois, Albert Sent Györ yi qui reçut un prix Nobel pour sa découverte.

De formule chimique générale C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>, la vitamine C appartient aux groupes des sucres à 6 atomes et est un dérivé du D-Glucose. Elle est composée d'une fonction cétone, d'un cycle lactone, d'une fonction en-diol et de deux fonctions alcools : l'une primaire et l'autre secondaire. L'AA possède deux formes optiques : lévogyre et dextrogyre, mais seule la forme lévogyre, forme naturelle (acide L-ascorbique) est biologiquement active. La vitamine C peut être extrait de la nature ou créé par voie de synthèse à partir du D-Glucose (Estelle S., 2016)



**Figure n°10 : Structure de l'acide L-ascorbique (Estelle S., 2016)**

### III .2.1.2 . Sources alimentaires en vitamine C

Les apports alimentaires en AA peuvent être couverts par une alimentation riche en fruits et légumes. Les aliments à forte teneur en vitamine C et plutôt couramment consommés sont les agrumes, les fruits rouges, le kiwi, les poivrons et les choux. On peut également trouver de la vitamine C dans certains abats comme le foie de veau, les rognons, ou bien encore dans les produits céréaliers. Nombreux industriels enrichissent les céréales pour petit déjeuner en vitamines et minéraux, dont certaines en vitamine C. Ces produits ne sont pas négligeables dans la couverture des besoins en AA des enfants principalement. Le tableau 04 présente les principales sources alimentaires en vitamine C. (Matos S., 2016).

**Tableau n°04 : les principales sources alimentaires en vitamine C (Matos S., 2016).**

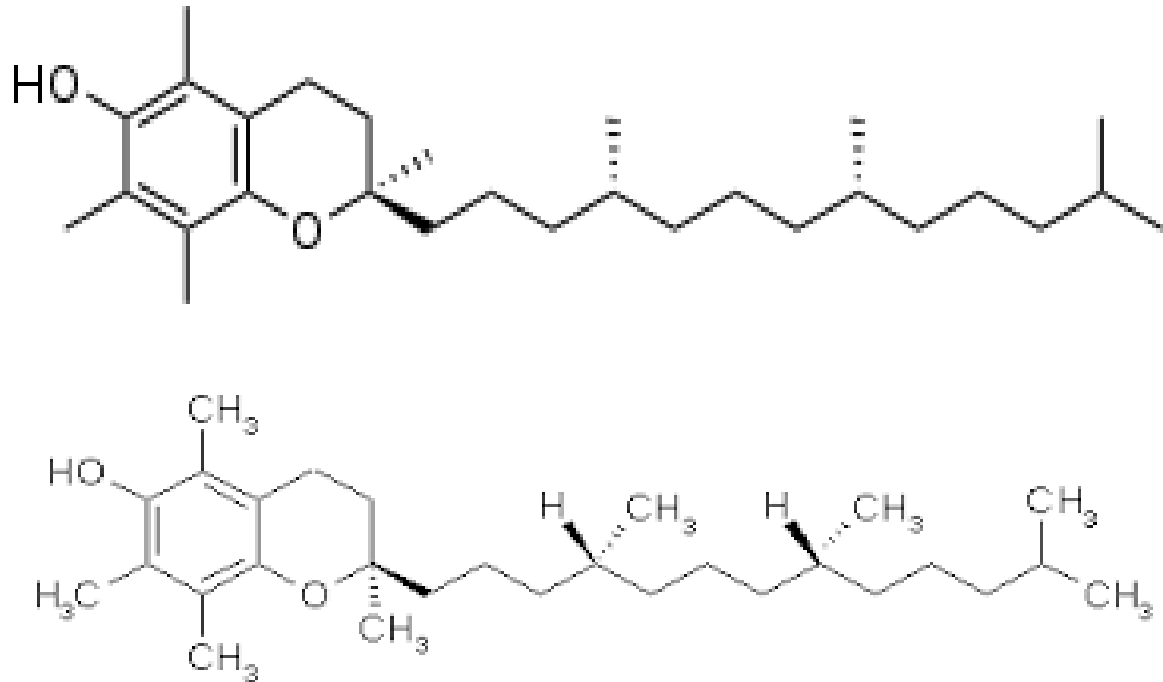
Aliment	Teneur en vitamine C en mg pour 100 g d'aliment (3)
Cassis	200
Persil	190
Poivron vert ou rouge cru	120 à 162
Kiwi	93

Litchi	72
Fraise	67
Papaye	60
Chou rouge cru	55
Brocoli ou Choux de Bruxelles cuits	37 à 58
Citron	53
Orange ou pomélo	40 à 42
Groseille	40
Epinard cru	39
Mangue	37
Pomme de terre cuite à l'eau	10 à 19
Châtaigne grillée ou cuite à l'eau	26 à 27

### III .2. 2 .Vitamines E

#### III .2.2.1. Définition et structure

La vitamine E appartient à la famille des tocophérols. Cette famille comprend 4 substances : l' $\alpha$ -tocophérol, qui est la vitamine E proprement dite, le  $\beta$ -tocophérol, le  $\gamma$ -tocophérol et le tocophérol. Ces composés ont beaucoup de similitudes structurales avec 4 autres molécules appartenant à la famille des tocotriénols : l' $\alpha$ -tocotriénol, le  $\beta$ -tocotriénol, le  $\gamma$ -tocotriénol et le  $\delta$ -tocotriénol). L'emploi du terme « vitamine E » est recommandé par la commission sur la nomenclature biochimique pour tous les dérivés tocophérols (T) et tocotriénols (T3). La structure chimique des tocophérols se compose d'un cycle chromions mono-, di-, ou tri méthyle. Elle possède une chaîne carbonée latérale saturée de 16 carbones. Les tocophérols se distinguent entre eux par le nombre et l'arrangement des groupements méthyles autour du cycle benzène du noyau chrome. La structure chimique des tocotriénols est similaire par le cycle chromions avec une chaîne carbonée latérale, mais elle se différencie par 3 doubles liaisons en position 3', 7' et 11'. (Guiga M., 2019).



**Figure n° 11 : Structures chimiques de deux iso formes différentes de vitamine E, les tocophérols et les tocotriénols (Guiga M., 2019).**

### III .2.2.2. Source alimentaire de vitamine E

La VE est présente dans notre alimentation sous forme de huit molécules naturelles, quatre tocophérols ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , et  $\delta$ ) et quatre tocotriénols ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , et  $\delta$ ), ainsi que sous forme de molécules de synthèse chimique (d1-tocophérols) utilisées comme conservateurs par l'industrie agro-alimentaire (E306 à E309). Les formes naturelles de VE sont retrouvées en grandes quantités dans certaines huiles végétales (germe de blé : 130 mg/100g, tournesol : 75 mg/100g, colza : 42 mg/100g et olive : 25 mg/100g) et certains fruits à coques (amandes et noisettes : 20 mg/100g). Enfin, même si les fruits et légumes ont des teneurs faibles en VE (1-3 mg/100g), du fait de leur consommation quotidienne recommandée, leur contribution à l'apport en VE est de l'ordre de 15% de l'ANC. (Patrick B. and Marie J., 2017).

### III .2.3 . Glutathion

#### III .2.3.1 . Définition

Le glutathion ( $\gamma$ -glutamylcystéinyglycine) est le tri peptide composé de cystéine, glutamate et glycine (Fig. 1). Principal sulfhydryle de faible poids moléculaire de l'organisme, il présente deux caractéristiques structurales qui permettent sa participation à de nombreuses fonctions cellulaires : sa liaison  $\gamma$ -carboxyle entre les résidus glutamate et cystéine, qui le protège de

l'hydrolyse, et son groupement sulfhydryle (ou thiol), porté par son résidu cystéine. Il joue un rôle particulièrement important dans les défenses antioxydants et le maintien du statut redox de l'organisme. (Clémence B., 2006).

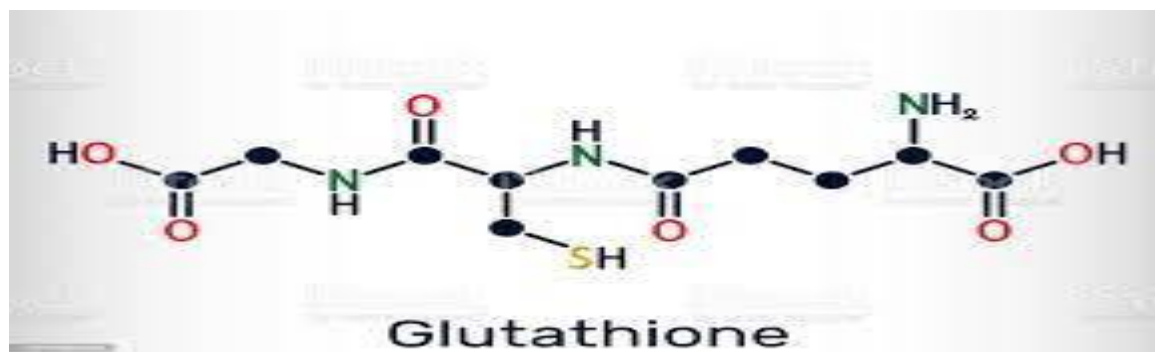


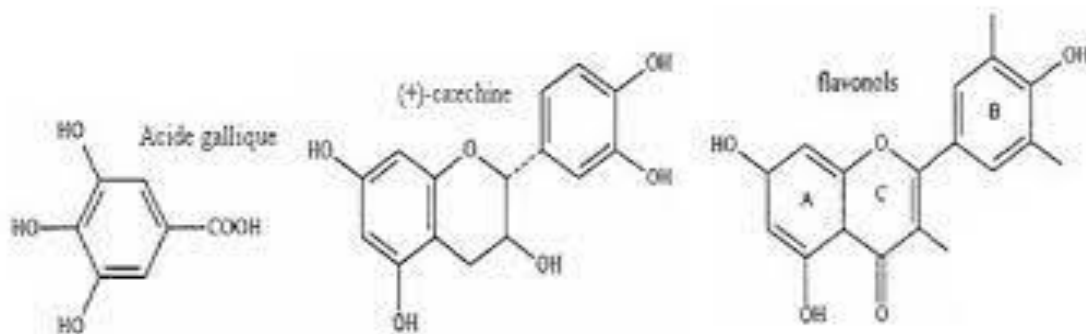
Figure n° 12 : Structures chimiques de Glutathion (Clémence B., 2006).

### III .2.4 . Polyphénols

#### III .2.4.1. Composés phénoliques et polyphénols

Composés phénoliques et polyphénols Les composés phénoliques sont constitués, a minima, d'un cycle aromatique hydrocarboné substitué par un groupement hydroxyle (phénol) et sont majoritairement produits par les plantes et les microorganismes. Bien que cette fonction hydroxyle soit similaire à celle portée par les alcools, cette fonction présente des propriétés chimiques différentes. En effet, les composés phénoliques sont plus acides du fait de l'instauration du cycle hydrocarboné. De plus, la liaison entre l'oxygène et l'hydrogène est relativement moins forte que chez les alcools, permettant une réactivité du groupement hydroxyle plus élevée. Ces composés sont capables d'interagir avec de nombreuses molécules telles que les sucres ou les lipides et sont sensibles à l'oxydation. Cette tendance à l'oxydation non-enzymatique est notamment visible lors du brunissement des fruits et des légumes comme la banane, la pomme ou la carotte. Il est important de noter que d'autres types de métabolites secondaires, comme les alcaloïdes ou les terpénoïdes, notamment la classe des stéroïdes, possèdent également des cycles phénoliques. Cependant, la voie de biosynthèse propre aux composés phénoliques permet de les différencier des autres familles de métabolites secondaires. Les composés phénoliques sont ainsi formés au travers de la voie de biosynthèse des phénylpropanoïdes qui utilise comme précurseur l'acide cinnamique. Cet acide provient de la première étape de synthèse catalysée par la phénylalanine ammonia-lyase dont le substrat est la phénylalanine. L'acide cinnamique est ensuite converti en acide

coumarique puis en 4-coumaroyl-CoA. Une voie alternative utilisant la tyrosine comme acide aminé permet également la synthèse de l'acide coumarique. Le 4-coumaroyl-CoA constitue le précurseur à la synthèse de différentes classes de métabolites secondaires. En effet, les étapes de synthèse successives à la formation de ce composé comportent de nombreuses enzymes responsables de la production d'un grand nombre de molécules. Les composés phénoliques constituent ainsi un groupe d'une extrême diversité aux fonctions très variées. Il peut ainsi s'agir de rôle de défense vis-à-vis de pathogènes, de protection contre des stress abiotiques comme les rayons UV, d'antioxydants, ou de composants structuraux. Pour leurs intérêts industriels, certains sont également utilisés par l'Homme comme pesticides, insecticides, exhausteurs de goût ou additifs alimentaires. L'intérêt métabolique des antioxydants alimentaires fait, à l'heure actuelle, l'objet d'un grand nombre de travaux de recherche. Parmi ces antioxydants, de nombreux auteurs ont mis en évidence le rôle prépondérant des polyphénols. La classe de composés la plus étudiée et comportant le plus grand nombre de molécules identifiées concerne les flavonoïdes. Ces molécules présentent des activités antioxydantes importantes et certaines GSTs semblent impliquées dans leur recyclage. Enfin, les coumarines et les stéroïdes seront également présentées pour leur activité antioxydante et leur structure similaire aux flavonoïdes et aux tocophérols. **(Pierre-Alexandre L., 2014).**



**Figure n° 13 : Classification des composés polyphénols (Pierre-Alexandre L., 2014).**

### III .2. 5. Caroténoïdes

#### III .2.5.1 . Généralités

Les caroténoïdes regroupent les carotènes et les xanthophylles. Plus de 700 caroténoïdes ont été isolés et identifiés jusqu'à présent dans la nature, généralement responsable des couleurs rouge, jaune, et orange des fruits, légumes et fleurs mais aussi des animaux les consommant. Ils sont biosynthétisés par les plantes supérieures, les bactéries, dont les cyanobactéries, les

algues, les champignons filamenteux et les levures. Chez certains animaux qui sont incapables de les synthétiser de novo, la présence de caroténoïdes permet une traçabilité de ces pigments dans la chaîne alimentaire. La majorité des caroténoïdes se trouve dans les tissus des plantes vertes photosynthétiques. Leur présence peut être un indicateur sur le stade de maturité, la pertinence, la photo protection et la sénescence. Les caroténoïdes possèdent des propriétés spécifiques et remarquables. Ils sont source de vitamine A. Parmi les quelques 700 caroténoïdes actuellement identifiés, environ 50 servent de précurseur de la vitamine A, particulière l'  $\alpha$  carotène, la  $\beta$ -crytoxanthine et le  $\beta$ -carotène.

L'omniprésence naturelle de ces pigments a fait des caroténoïdes les additifs alimentaires les plus utilisés en tant que colorants et/ou antioxydants. (Zaghdoudi K., 2015).

### III. 2.5.2. Structure chimique

Le lycopène est un tétra terpène constitué de huit molécules isoprènes qui possède une structure hydrocarbonée avec 11 doubles liaisons covalentes conjuguées et 2 non conjuguées. Sa structure acyclique classe le lycopène dans le groupe des caroténoïdes non provitamines A. La cyclisation du lycopène aux deux extrémités forme le  $\beta$ -carotène. Ce dernier se compose généralement de huit unités d'isoprène à structure cyclique caractéristique du groupe des provitamines A. (Hanh P., 2014).

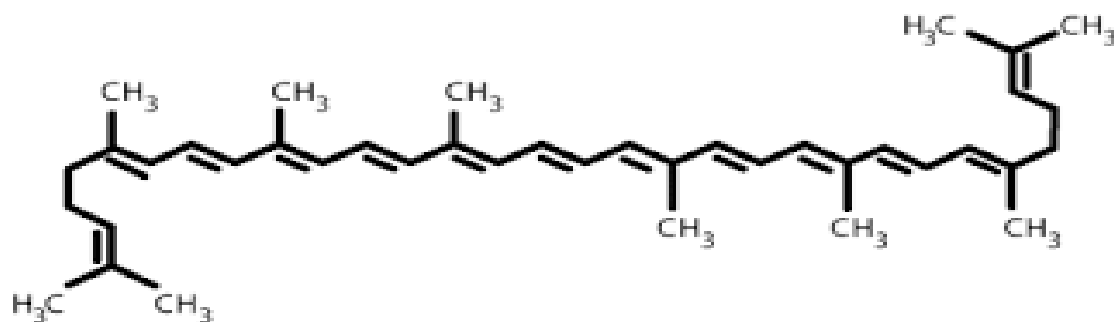


Figure n° 14: structure chimique de lycopène ((Hanh Ph., 2014)

### III.3. Antioxydants enzymatiques

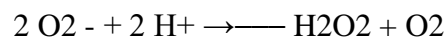
Les protéines enzymatiques antioxydants constituent la 1ère barrière de cette défense antioxydant, qui est constituée de 4 métallo enzymes essentielles : le su peroxyde dismutases (SOD), les glutathions peroxydases (GPX), la catalase et les peroxyrédoxines (PRX). Leur activité et leur localisation dans la cellule sont complémentaires et assurent l'élimination des

anions su peroxydes et du peroxyde d'hydrogène dans tous les compartiments intracellulaires. (Zilal K., 2009).

### III.3.1. Superoxydesdismutases (SOD)

La super oxyde dismutase (SOD) est une protéine métallique possédant une activité enzymatique lui permettant de catalyser la dismutation de l'anion super oxyde  $O_2^-$  (27). Il existe plusieurs SOD, elles diffèrent par le ou les métaux présent(s) dans sa structure qui va (vont) permettre la liaison enzyme-ligand. Il est important de noter qu'il existe des SOD avec deux types de métaux qui pourront être du Cuivre, du Zinc, du Manganèse et/ou du Fer.

La réaction chimique catalysée par la SOD nécessite un milieu acide et va permettre d'agir simultanément avec 2 anions super oxydes aboutissant à la formation de dioxygène et de peroxyde d'hydrogène.



La dis mutation du radical super oxyde est spontanée, mais l'action de la SOD permet de l'accélérer 10 000 fois.

Chez l'homme il existe trois différentes classes de SOD, catalysant toutes la même réaction : la SOD à cuivre et à zinc que l'on trouve dans le cytosol et au niveau des liquides extracellulaires, la SOD à fer et la SOD à manganèse, dans les mitochondries. (Thomas D., 2016).

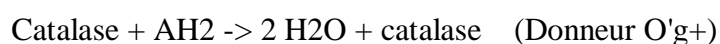
### III.3.2. Catalase

Est une hémoprotéine tétraédrique (240000 daltons) qui possède un atome de fer par sous unité, chacune des sous unités contenant une molécule de NADPH liée à elle pour stabiliser l'enzyme. Elle catalyse la réduction du peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène moléculaire, elle possède une activité double :

\* une activité catalasique : catalase +  $H_2O_2$  -> composé I

Composé I +  $H_2O_2$  -> catalase +  $H_2O$  +  $1/2 O_2$

\* une activité peroxydas que : catalase +  $H_2O_2$  -> composé I



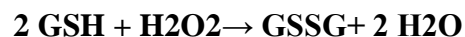
Le composé I est un produit d'oxydation de la réaction entre le fer du site actif de l'enzyme et le peroxyde d'hydrogène. [La catalase est localisée majoritairement dans les peroxysomes, organites contenant des enzymes génératrices de peroxyde d'hydrogène telles que la glycolase oxydase, l'urate oxydase et les déshydrogénases impliquées dans la B-oxydation des acides gras. (Lbguille C., 1996).

Elle a un rôle complémentaire de celui de la glutathion peroxydase sélénium-dépendante contre la lipoperoxydation induite par H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Les principaux inhibiteurs de l'activité catalasique sont l'azide de sodium, les cyanures et le 3-amino-1, 2,4-triazole.

Certaines souches bactériennes (streptococcus ou lactobacillus) contiennent un "pseudo catalase" capable de dégrader H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, mais insensible à l'inhibition par l'azide de sodium et les cyanures. C'est en fait un hexamère (174000 daltons) dont chaque sous unité contient un atome de manganèse. (Lbguille C., 1996).

### III.3.3. Glutathion peroxydase (GPX)

Les enzymes de cette famille sont Sélénium (Se)-dépendante. La glutathion peroxydase (GPX) est présente dans le cytoplasme où elle joue un rôle majeur dans la régulation de l'état redox physiologique intracellulaire des cellules vasculaires. Elle catalyse la réduction des hydro peroxydes (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) et des peroxydes lipidiques en utilisant le glutathion réduit (GSH) comme donneur d'hydrogène.



Au contraire, la glutathion peroxydase, sélénium dépendante, possède une forte affinité pour le peroxyde d'hydrogène et par conséquent, catalyse l'élimination de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> même présent à de très faibles concentrations.

D'autres enzymes à caractère antioxydant sont également présentes dans l'organisme ; telle que, la glutathion réductase (GR) associée au NADPH (nicotinamide adénine di nucléotide phosphate) qui permet la régénération du glutathion réduit. (Zergui F., 2015).



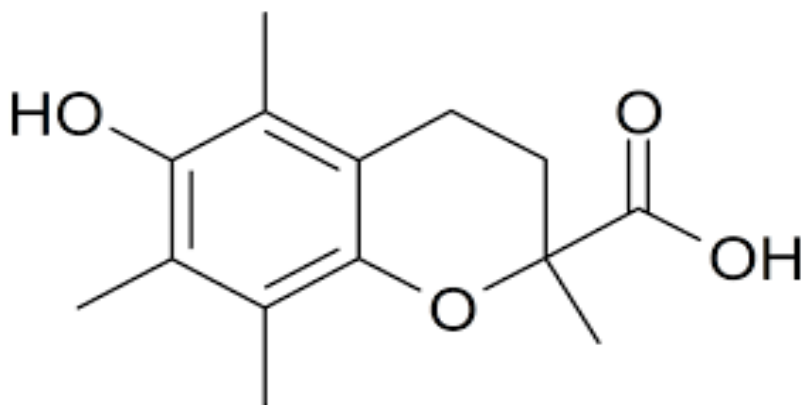


Figure n°15 : Cycle oxydo-réducteur du glutathion (Ikhani et al., 2016).

### III.4. Méthode de dosage de l'activité anti oxydante

Diverses méthodes de dosage de l'activité antioxydant in vitro induisent la mesure de l'inhibition de l'oxydation des lipides et des lipoprotéines. Celles-ci ne seront pas abordées, ni celles mesurant le pouvoir antioxydant in vivo sur le modèle animal ou chez l'Homme. Cette étude se focalisera sur les méthodes témoignant de l'aptitude d'une molécule ou d'un extrait naturel à piéger des radicaux libres – par transfert d'électron et/ou de proton -issus de phénomènes d'oxydations. On parlera alors d'évaluation in vitro de l'activité antioxydante.

Seules les méthodes les plus utilisées, en particulier pour les tests in vitro chimiques, seront représentées ici, en mettant en avant les mécanismes réactionnels, les avantages et inconvénients de la méthode. Les tests antioxydants in vitro biologiques sont difficilement accessibles en raison de leur caractère commercial (brevets). (Rezaire A., 2012).



Figure n°16 : Structure chimique du Trolox (Rezaire A., 2012).

### III.4.1. Méthode D'ABTS

#### ➤ Principe

L'activité anti radicalaire des extraits est déterminée par une méthode basée sur la réduction du radical ABTS. « 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) » qui est utilisé comme un radical libre pour évaluer l'activité antioxydant des échantillons. Ce radical cationique est facilement formé par oxydation en présence de persulfate de potassium pour donner une solution colorée en vert-bleue. (Prouilla C., 2006).

L'addition d'un antioxydant à une solution de ce radical cationique entraîne la réduction de ce radical et une diminution de l'absorbance. Cette diminution dépend de l'activité antioxydant des composés testés, du temps et de la concentration. (Re R. et al., 1999).

#### ➤ Mode opératoire

Le pourcentage d'inhibition du radical ABTS. est évalué par la méthode de (Ramful D. et al., 2010).

La solution d'ABTS. est préparée par mélange de 7 mm d'ABTS et de 2,45mM de persulfate de potassium incubé pendant 12-16h à l'abri de la lumière et à température ambiante avant l'utilisation. La solution d'ABTS est diluée avec l'éthanol jusqu'à l'obtention d'une absorbance de 0,7( • } 0,02) à 734 nm. 1, 9 ml de la solution d'ABTS est additionnée à 100 µl de l'extrait à différentes concentrations.

Après l'incubation pendant 7 min à l'obscurité et à température ambiante, on mesure la réaction de réduction de la solution d'ABTS à 734 nm, la capacité antioxydant des extraits testés, est exprimée par rapport aux concentrations de standard Trolox (TEAC), ce qui donne des indications utiles sur le potentiel antioxydant de l'extrait de plantes.

Le pouvoir anti-radicalaire de l'extrait est exprimé en pourcentage d'inhibition du radical ABTS+ : Pourcentage d'inhibition du radical

$$ABTS = \frac{|\text{Contrôle}| - |\text{Extrait}|}{|\text{Contrôle}|} \times 100$$

Où : Abs Contrôle : Absorbance du témoin

Abs Extrait : Absorbance de l'extrait

### III.4.2. Méthode de l'oxyde nitrique (NO)

#### ➤ Principe

L'activité de piégeage de l'oxyde nitrique peut être mesurée par la réaction de GRIESS.

#### ➤ Mode opératoire

Le mélange réactionnel contenant 4 ml de nitropréside de sodium à 10 mm, de 1 ml d'une solution saline du tampon phosphate à 50 Mm (pH 7,4) et 1 ml de l'extrait à (50-100-250-500

µg/ml), l'acide gallique (50-100-200 µg/ml), ont été incubées à 25°C pendant 150 min. Après incubation, 0,5 ml de réactif de GRIESS (1% de sulfanilamide, 2% acide O-phosphorique et 0,1% d'acide NEDD) a été ajoutée en 0,5 ml de mélange réactionnel. Le mélange est incubé à l'abri de la lumière pendant 30 minutes. L'absorbance est mesurée à 535 nm contre le blanc. Des standards de référence (acide ascorbique et BHA) ont également été analysés en respectant la même procédure.

Le pourcentage d'inhibition est calculé par la formule suivante :

Percentage' inhibition du radical NO=  $[1 - \frac{(d)' \text{ échantillon}}{(d)' \text{ du contrôle}}] \times 100$ . (**Tigrine N., 2016**).

### **III.4.3. Méthode d'activité antioxydante totale (TAC)**

#### **➤ Principe**

Cette technique est basée sur la réduction de molybdène Mo (VI) présent sous la forme d'ions molybdate  $\text{MoO}_4^{2-}$  à molybdène Mo (V)  $\text{MoO}_2^+$  en présence de l'extrait pour former un complexe vert de phosphate/ Mo(V) à pH acide. (**Prieto P. et al., 1999**).

#### **➤ Mode opératoire**

La capacité antioxydante totale (TAC) des extraits est évaluée par la méthode de phosphomolybdène de (**Prieto P. et al., 1999**).

Un volume de 0.1 ml de chaque extrait méthanoïque est mélangé avec 1 ml de solution du réactif (0.6 M acide sulfurique, 28 mm phosphate de sodium et 4 mm molybdate d'ammonium). Les tubes sont vissés et incubés à 95°C pendant 90 min. Après refroidissement, l'absorbance des solutions est mesurée à 695 nm contre le blanc qui contient 3 ml de la solution du réactif et 0.3 ml du méthanol et il est incubé dans les mêmes conditions que l'échantillon.

La capacité antioxydante totale est exprimée en milligramme par millilitre (mg / ml).

### **III.4.4. Méthode de FRAP (Ferricreducing antioxydant power)**

#### **➤ Principe**

Le pouvoir réducteur d'un extrait est associé à son pouvoir antioxydant, cette technique est développée pour mesurer la capacité des extraits testés à réduire le fer ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ) présent dans le complexe  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  en fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ). En effet, le  $\text{Fe}^{3+}$  participe à la formation du radical hydroxyle par la réaction de Fenton. L'absorbance de milieu réactionnel est déterminée à 700nm.

#### ➤ **Mode opératoire**

Un millilitre de l'extrait à différentes concentrations (de 800 à 1.56 µg/ml) est mélangé avec 2,5ml d'une solution tampon phosphate 0,2 M (pH 6,6) et 2,5ml d'une solution de ferricyanure de potassium  $K_3Fe(CN)_6$  à 1%. L'ensemble est incubé au bain-marie à 50°C pendant 20 min. ensuite, on ajout 2.5ml d'acide trichloracétique ( $C_2HCl_3O_2$ ) à 10% sont ajoutés pour stopper la réaction. Les tubes sont centrifugés à 3000 rpm pendant 10min. Un aliquote (2,5ml) de surnageant est combinée avec 2,5ml d'eau distillée et 0,5ml d'une solution aqueuse de  $FeCl_3$  (Chlorure ferrique) à 0,1%. La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel se fait à 700 nm contre un blanc semblablement préparé. Le contrôle positif est représenté par un standard d'un antioxydant; BHA et BHT dont l'absorbance a été mesuré dans les mêmes conditions que les échantillons. Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés. (**Singleton V. et Rossi J., 1965**).

### **III.4.5. Dosage de la capacité antioxydant totale « méthode de phosphomolybdate »**

#### ➤ **Principe**

Le test est basé sur la réduction de molybdène Mo (VI) présent sous la forme d'ions molybdate  $MoO_4^{2-}$  à molybdène Mo (V)  $MoO_2^+$  en présence de l'extrait ou d'un agent antioxydant. Cette réduction se matérialise par la formation d'un complexe verdâtre (phosphate/ Mo (V) à un pH acide. On mesure l'augmentation de la coloration du complexe molybdène (VI) en présence d'antioxydant. A la différence des autres tests, ce test permet non seulement de quantifier l'apport de l'activité antioxydants des polyphénols mais aussi d'autres composés antioxydants tel que les vitamines (C, E...).

#### ➤ **Mode opératoire**

La méthode consiste à introduire dans un tube 200 µl de chaque extrait à différentes concentrations mélangés à 2000µl d'un réactif composé de  $H_2SO_4$  (0,6 M), de  $Na_2PO_4$  (28 mM) et du molybdate d'ammonium (4 mM). Le tube est ensuite bien fermé puis incubé à 95°C pendant 90 minutes. Après les avoir refroidis, l'absorbance est mesurée à 695 nm. Le témoin est constitué de 200 µl de méthanol mélangé avec 2000 µl du réactif mentionné ci-dessus.

Les échantillons et les témoins sont incubés dans les mêmes conditions. Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent acide ascorbique par gramme de matière sèche de l'extrait (mgEAA/gEXS).(**LarabaM.etal.,2016**).

**Chapitre IV**  
**Généralités sur l'artichaut**  
**« *Cynara scolymus L (Asteracée)* »**

#### IV.1. 1. Généralités et description de la plante utilisée

L'artichaut, *Cynara scolymus L (Astéracée)*, est une plante dicotylédone de la famille des astéracées (ou composées) appartenant au genre *Cynara*. L'artichaut désigne à la fois la plante entière mais aussi la partie comestible qui est une inflorescence en capitule. Cette inflorescence est récoltée avant que les fleurs ne se développent. La base charnue des bractées qui enveloppe l'inflorescence se consomme, ainsi que le fond d'artichaut qui est le réceptacle des fleurs appelées aussi fleurons. Lorsque le capitule se développe, il s'ouvre pour laisser place à une fleur" bleu à violet. (Benyagoub H. et Daoudi Y., 2021).



Figure n° 17 : Artichaut« *Cynarascolymus L (Astéracée)* » (photos originale)

#### IV.1.2 Classification botanique

Tableau n° 05: classification de l'artichaut. (Merag M.et Bentouil KH., 2020).

<b>Régne</b>	Plantae
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Magnoliopsida
<b>Ordre</b>	Asterales
<b>Famille</b>	Asteraceae

<b>Genre</b>	Cynara
<b>Espèce</b>	Scolymus

#### **IV.1.3. Description botanique de la plante**

C'est une plante vivace étalée de 15 à 40 cm de hauteur ; La tige épaisse, de 4 à 8 cm de diamètre (après un an de plantation) présente une moelle très volumineuse et un système vasculaire relativement important. Elle présente des entre-nœuds serrés d'où émergent des feuilles larges et légèrement dentelées, d'un vert cendré au-dessus et d'un blanc tomenteux en dessous ; les premières feuilles sont petites et entières, tandis que les suivantes sont plus larges et plus ou moins profondément découpées. A l'intérieur de ces pseudo-rosettes se trouvent plusieurs hampes florales supportant les capitules. L'axe principal de la hampe florale se termine par un capitule terminal appelé capitule aîné ou capitule de 1<sup>er</sup> ordre, en dessous duquel se ramifient des capitules de 2<sup>ème</sup> ordre, puis des capitules de 3<sup>ème</sup> ordre, etc.... Le capitule, représentant l'inflorescence de la plante, est la partie comestible ; il est ovoïde, globuleux et a un diamètre de 8 à 9 cm. Les bractées de l'involucre sont coriaces et charnues à la base. Elles sont triangulaires et terminées par de fines épines. L'artichaut est vivace grâce à sa partie souterraine sur laquelle se développent plusieurs bourgeons ou œilletons qui, avec les cabosses et les éclats de souche, constituent les principaux organes de multiplication végétative de la plante. C'est à la fin du cycle végétatif que le rhizome s'allonge sous terre et de ses bourgeons on aura les nouvelles plantules. Les racines sont des formations endogènes qui percent à travers les rayons médullaires très élargis, alors que les bourgeons proviennent de l'écorce. Ce sont les parties hypogées qui sont utilisées pour la propagation naturelle qui est souvent rendue difficile du fait de l'incertitude quant à la distinction entre les formations nettement racinaires de celles rhizomateuses. **(Dridi B., 2002) ;(Tachour E.et Haloui S., 2018).**



**Figure n°19 : Description de l'artichaut (*Cynarascolymus* L (Astéracée) (photos Originale).**

#### **IV.1.3. Zone de collecte de l'artichaut**

La zone de collecte est d'ElHmadna INRAA d'une superficie de 77 ha, elle est située à 3Km de la région nord-ouest de la ville d'El Hmadna. Elle se trouve dans la plaine du Bas-Chellif au nord-ouest de l'Algérie. Elle se situe à 270Km d'Alger, à environ 70Km de la ville de Chlef et 30Km de la Relizane.

#### **IV.1.4. Composition chimique**

L'artichaut est cultivé pour ses capitules, dotés de principes actifs dont la nature phénolique joue un rôle prépondérant dans leurs caractéristiques organoleptiques. En alimentation. Il possède une valeur énergétique élevée (47 kcal/100 g), est riche en protéines (3.27 g/100 g), en sucres (10.50 g/100 g), en fibres (5.40 g/100 g), en sodium (94 mg/100 g) (FAO, 1998), 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. La fraction glucidique est très riche en inuline, sucre à faible pouvoir calorifique, qui fait de l'artichaut un aliment particulièrement indiqué pour les diabétiques.

En outre, les artichauts constituent, avec quelques légumes et fruits, une source saisonnière de caroténoïdes sériques (lutéine, zéaxanthine, lycopène, beta-crypto xanthine, alpha-carotène et bêta carotène). (Merag M.et Bentouil KH., 2020).

#### **IV.1.5. Propriétés biologiques**

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. **(Miccadei S et al., 2008).**

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. **(Antal M et al., 2008).**

# **Partie expérimentale**

## **Chapitre I**

### **Matériels & Méthodes**

## **I. 1. Matériel végétal**

La plante *Cynara scolymus L (Asteracée)*, a été collectée de la région de Hmadna-Relizaneen avril 2022 et identifiée par la botaniste Mme SEKKEL Fatima enseignante au département de Biologie, université Abd Elhamid Ibn Badis de Mostaganem.

## **I. 2. Méthodes**

Nos expérimentations ont été réalisées au niveau des deux laboratoires de biochimie N°02 et de microbiologie, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université de Mostaganem.

- Réalisation des tests photochimique.
- Dosage des polyphénols et flavonoïde.
- La mesure du pouvoir réducteur des extraits in vitro en mesurant le pourcentage d'inhibition du DPPH.

### **I.2. 1. Préparation des extraits végétaux**

#### **I.2.1.1. Séchage**

Après avoir été bien nettoyés et débarrassés des particules et de la poussière, les limbes et les feuilles d'artichaut ont été séché à l'air libre jusqu'à obtenir un poids constant.

#### **I.2.1.2. Broyage**

Les échantillons séchés ont été broyés à l'aide d'un broyeur électrique permettant d'obtenir des poudres très fines, pour faciliter l'extraction.

### **I.2.2. Appareils et réactifs utilisés**

#### **A)-Appareillage utilisé**

Agitateur, Autoclave, Balance de précision, Centrifugeuse, Evaporation rotatif, bain marie, vortex.

#### **B)- Réactifs**

- Les réactifs utilisés sont : DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl), le réactif de Folin-Ciocalteu, l'acide ascorbique, l'acide gallique, AlCl<sub>3</sub> (trichlorure d'aluminium), la quercétine, ces produits Proviennent tous de Sigma, le solvant utilisé étant le méthanol.

- Préparation des extraits : aqueux, eau-méthanol, eau-acétone, en plus des fractions acétate d'éthyle et n-butanol.

### I.3. Méthodes d'extraction et préparation des extraits

Tout procédé d'extraction est basé sur la différence de solubilité des substances d'un mélange dans un solvant. Le mélange à extraire peut-être solide ou liquide et le solvant liquide ou fluide supercritique ou su critique. Aussi, plusieurs techniques d'extraction peuvent être mises en œuvre pour extraire les principes actifs des plantes, toujours très recherchés pour toutes sortes d'application en alimentaire, nutraceutique, cosmétique et pharmacie, ...etc.

#### I.3.1. Macération pendant 24 h

25 g de la matière végétale a été mise en contact avec 250 ml de deux solvants différents : le chloroforme et le méthanol/eau à 70/ 30 (v/v). Les extraits obtenus ont été filtrés (papier filtre wattman N° 3) puis évaporés à sec dans un rota vaporeur.



Figure n° 19 : macération des feuilles (les photos originales)

#### I.3.2. Décoction

L'extrait aqueux brut du mélange des épices étudiées est obtenu par la décoction 50g de poudre été mélangée avec 500 ml ; eau distillée dans un erlenmeyer et bouilli pendant 30 minutes. Ensuite on le refroidit puis on le filtre à l'aide d'un papier filtre. Le filtrat est séché dans l'étuve 30C° pendant trois jours pour se débarrasser de Léau résiduelle. Le résidu est ensuite entreposé dans un récipient hermétiquement fermé. Le rendement de l'extrait brut est défini comme étant le rapport entre la masse de l'extrait sec obtenue et la masse du matériel végétal traité.



**Figure n° 20 : décoction des limbes (photos originale)**

### **I.3.3. Calcul du rendement des extraits**

Après chaque étape d'extraction, le rendement des extraits a été calculé par la formule suivante :

$$\text{Rendement}\% = \frac{m_0}{m_1} \times 100$$

**m<sub>0</sub>** : Masse en gramme de l'extrait brut évaporé.

**m<sub>1</sub>** : Masse en gramme de la matière végétale initiale sèche.

### **I.4. Screening photochimique**

Le criblage photochimique est une étude qui permet d'avoir et d'identifier les différents constituants de la plante. Il est basé sur des tests chimiques qui indiquent la présence ou non de ces constituants tels que : Les flavonoïdes, Les alcaloïdes, Les tanins, Les saponines, Les quinones libres, Phénols, Stérol et poly terpènes.

(Sur extrait de macération et décoction)

#### **I.4.1. Identification des Quinones libres**

On ajoute quelques gouttes de NaOH (1/10) à l'extrait d'éther de pétrole. La présence de quinones libres est confirmée par un virage de la couleur de la phase aqueuse au jaune, rouge ou violet. (Najjaa H. et al., 2021).

#### **I .4.2. Identification des flavonoïdes**

Dix gouttes d'acide chlorhydrique concentré et quelques milligrammes de tournures de magnésium sont ajoutés à 0.5 ml de l'extrait. La coloration rose-rouge ou jaune, après trois minutes d'incubation à température ambiante, indique la présence des flavonoïdes.

**(Haddouchi F.et al., 2016).**

#### **I .4.3. Identification des Tanins**

Huit gouttes d'une solution diluée de chlorure ferrique à 1 % sont ajoutées à 1 ml de l'extrait. Après quelques minutes d'incubation à température ambiante, le chlorure ferrique développe une coloration verdâtre qui indique la présence des tanins catéchiques ou bleu noirâtre qui révèle l'existence des tanins galliques. **(Haddouchi F.et al., 2016).**

#### **I .4.4. Identification des saponines**

Test de la mousse : l'extrait est repris dans 5ml d'eau distillée, puis introduit dans un tube à essai. Le tube est agité vigoureusement, la formation d'une mousse (hauteur supérieur de 1cm) stable, persistant pendant 15min, indique la présence des saponines. **(Yves-alain B., 2007).**

#### **I .4.5. Identification des Tanins vrais**

Un aliquote d'extrait est repris dans 2ml d'eau distillée, puis on ajoute quelques gouttes d'HCl concentré le tout est chauffé au bain marie bouillant, la formation d'un précipité rouge indique un test positif. **(Yves-alain B., 2007).**

#### **I .4.6. Identification des Alcaloïdes**

Test fondé sur la capacité qu'ont les alcaloïdes à se combiner avec les métaux lourds. Test de Mayer : L'extrait méthanolique est repris dans quelques ml d'HCl 50 %. La formation d'un précipité jaune, après l'ajout de quelques gouttes du réactif de Mayer, témoigne de la présence d'alcaloïdes. **(Dohou N., 2003).**

#### **I .4.7. Identification des Stéroïls et polyterpènes**

Ont été recherchés par la réaction de Liebermann. Le résidu est dissout dans 1 ml d'anhydride acétique ; nous avons ajouté 0,5 ml d'acide sulfurique concentré au triturât. L'apparition, à l'interphase, d'un anneau violet, virant au bleu puis au vert, indique une réaction positive.

**(Koffi N. et al., 2009).**

#### **I .4.8. Identification des phénols**

2ml de l'éthanol est ajouté à 2 ml de l'extrait, L'ajout de quelques gouttes de FeCl<sub>3</sub> permet l'apparition d'une coloration qui indique la présence des phénols. **(Iqbalhussain., 2011).**

#### **I .4.9. Identification des flavonoïdes glycosides**

1ml d'hydroxyde de potassium KOH à 1% est ajouté à 2ml de l'extrait dilué dans le méthanol. L'apparition d'une coloration jaune indique la présence des flavonoïdes glycosides. **(Iqbalhussain., 2011).**

#### **I .4. 10. Identification des Sucres réducteurs**

Les sucres réducteurs ont été mis en évidence dans les extraits par le réactif de Fehling. 5 ml d'extrait sont additionnés 5 ml de liqueur de Fehling. La formation d'un précipité rouge brique après 2-3 min de chauffage au bain-marie à 70°C indique une réaction positive. **(Yves-alain B., 2007).**

### **I .5. Analyse quantitative**

#### **I .5.1 Polyphénols totaux**

Le dosage des polyphénols totaux a été effectué selon la méthode de Folin-Ciocalteu (FC) : 100 µl d'extrait d'artichaut sont mélangés avec 500 µl du réactif FC et 400 µl de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> à 7,5 % (m/v). Le mélange est agité et incubé à l'obscurité et à température ambiante pendant dix minutes et l'absorbance est mesurée à 760 nm par un spectrophotomètre UV (Perkin Elmer). Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique/g de matière végétale sèche en se référant à la courbe d'étalonnage de l'acide gallique. **(Abdul M., 2018).**

#### **I .5.2. Flavonoïdes**

La détermination des flavonoïdes totaux a été effectuée selon la méthode décrite par Dehpeur et al. : 500 µl de chaque extrait à analyser sont ajoutés à 1500 µl de méthanol à 95 %, 100 µl de AlCl<sub>3</sub> à 10 % (m/v), 100 µl d'acétate de sodium 1 M et 2,8 ml d'eau distillée. Le mélange est agité puis incubé à l'obscurité et à température ambiante pendant 30 min. Le blanc est réalisé par remplacement de l'extrait par du méthanol à 95 % et l'absorbance est mesurée à 415 nm en utilisant un spectrophotomètre UV (Perkin Elmer). Les résultats sont exprimés en mg équivalent quercétine/g de matière végétale sèche en se référant à la courbe d'étalonnage de la quercétine. **(Abdul M., 2018).**

### I.5.3. Tanins condensés

Les tanins condensés sont déterminés par la méthode de la vanilline en milieu acide décrite par Ba et al. : Le réactif de vanilline a été préparé en mélangeant à volume égal : HCl à 8 % (v/v), le méthanol à 37 % (v/v) et 4 % de vanilline dans du méthanol (m/v). Le mélange a été maintenu à 30 °C avant le dosage. 200 µl de chaque extrait à analyser ont été ajoutés à 1 000 µl de réactif de vanilline ; le mélange a été agité puis incubé à l'obscurité à 30 °C pendant 20 min. L'absorbance est mesurée à 500 nm par un spectrophotomètre UV (Perkin Elmer) contre un blanc constitué d'un mélange de méthanol (37 %) et de HCl (8%) à volume égal. Les résultats sont exprimés en mg équivalent catéchol/g de matière végétale sèche en se référant à la courbe d'étalonnage du catéchol. (Abdul M., 2018).

### I.6. Test du piégeage du radical libre DPPH\*

Le radical 2,2-Diphényle-1-picrylhydrazyl (DPPH) est généralement le substrat le plus utilisé pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale libre et la simplicité de l'analyse. (Bozin B et al., 2008).

Le DPPH présente une absorbance caractéristique dans un intervalle compris entre 512 et 517 nm, d'une intense coloration violette (Figure n°23) qui disparaît rapidement au contact d'une substance donneuse de proton et se réduit donc en 2,2 Diphényl 1 picryl hydrazine de couleur jaune (Figure n°.22). (Sanchez-Moreno C., 2002).

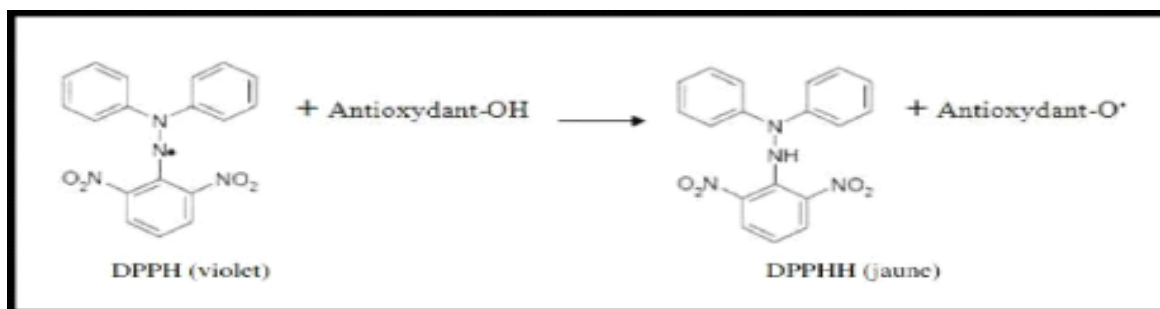
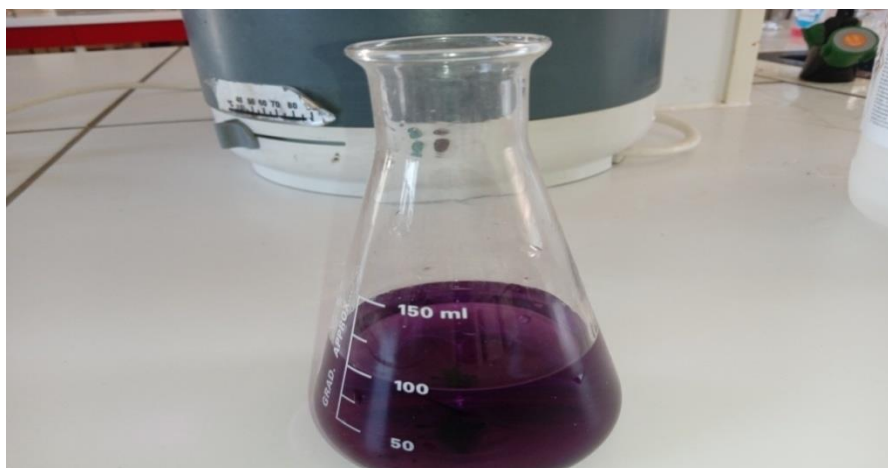


Figure n° 21 : Réaction de test DPPH (2,2 Diphényl 1 picrylhydrazyl) (Congo M., 2012).



**Figure n° 22 : Coloration violette d'une solution de DPPH\* (photos original)**

### **I.6.1. Protocole de l'étude de l'activité antioxydants**

L'activité antioxydant est étudiée selon le protocole décrit par Bounatirou et al.

✓ Préparation des Concentrations des échantillons (dilution en pourcentage) : 20% 40% 60% 80%

✓ Concentrations de l'antioxydant de synthèse acide ascorbique : 0,001mg/ml - 0.025mg/ml - 0,5mg/ml – 1mg/ml (contrôle positif).

✓ La solution de DPPH est préparée par solubilisation de 2.5 mg de DPPH dans 100 ml de méthanol,

✓ 100  $\mu$ L (0.1ml) de chaque extrait ainsi que le contrôle positif sont ajoutés à 1.90 ml de la solution de DPPH, le mélange est laissé à l'obscurité pendant 30 min à température ambiante.

✓ Témoin négatif : 100  $\mu$ L de méthanol +1.90 ml de la solution de DPPH (blanc pour régler le spectrophotomètre // DO= 0.00).

✓ Les absorbances sont mesurées à 517 nm. (Chaque 5 minutes/ pendant 30 min).



**Figure n° 23 : spectromètre (photos originale)**

### **I.6.2. Calcul des pourcentages d'inhibition**

Les résultats sont exprimés en pourcentages d'inhibition du DPPH (PI), en tenant compte de la moyenne de trois mesures obtenues pour chaque extrait, calculés selon la formule suivante :

$$I\% = \{(Abs\ contrôle - Abs\ échant) / Abs\ contrôle\} * 100$$

**Abs contrôle** : Absorbance du blanc

**Abs échant** : Absorbance d'échantillon. (Hosni H et al., 2019).

### **I.6.3. Calcul des " IC50"**

La valeur IC50 est la concentration qui assure la réduction de 50 % du DPPH, déterminée graphiquement pour chaque extrait à partir de la courbe du pourcentage d'inhibition du DPPH en fonction de la concentration d'extrait. (Hosni H et al., 2019).

### **I.7. Analyse statistique**

Toutes les mesures ont été données en triplicata. Les résultats sont présentés en moyennes  $\pm$  écarts type. Le coefficient de corrélation utilisé est celui de Pearson (r), également appelé coefficient de corrélation linéaire.

# **Chapitre II**

## **Résultats & Discussions**

## II. 1. Résultats de l'étude phytochimique

### II .1.2. Rendements des extractions

Il ressort à travers l'observation des rendements d'extraction, que la décoction donne le meilleur rendement d'extraction avec 8,24 %, alors que la macération donne un rendement légèrement inférieure de 6,51 % dans les feuilles, cette différenciation s'explique par le fait que le rendement de l'extraction change selon la technique d'extraction appliquée et selon la nature de l'échantillon soit sèche ou fraîche. (Ali-Rachedi F., 2018).



**Tableau n° 06 : rendements de l'extraction d'artichaut (les limbes et feuilles)**

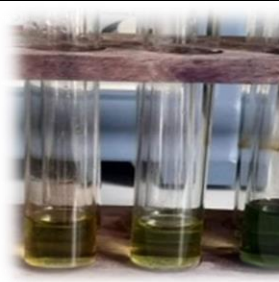

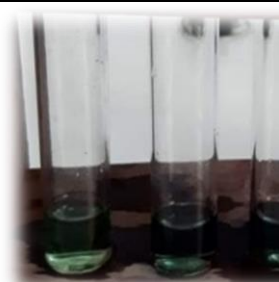



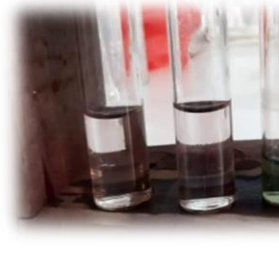





Extractions	Décoction (des limbes)	Macération (des feuilles)
Rendements	8,24 %	6,51 %

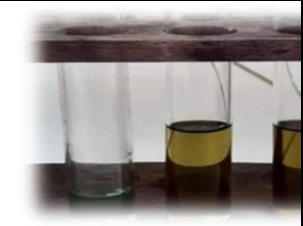

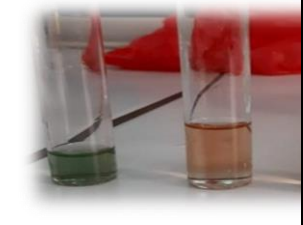



### II .1.3. Résultats du criblage phytochimique

Pour mettre en évidence la présence de classes majeurs des métabolites secondaires qui sont présentent dans la plante *Cynara scolymus L.*, un criblage phytochimique a été réalisé sur les Feuilles et les limbes de cette plante.

**Tableau n° 07 : Tests phytochimiques des extraits des limbes et des feuilles de L'artichaut.**

Les tests	Limbes (décoction)	Coloration	Feuilles (macération)	Coloration
Quinones libres	--+		--+	

<b>flavonoïdes</b>	+++		+++	
<b>Tanins</b>	---		+++	
<b>saponines</b>	-++		---+	
<b>Tanins vrais</b>	---		---	
<b>Alcaloïdes</b>	---+		---	
<b>Stérols et poly terpènes</b>	-++		-++	

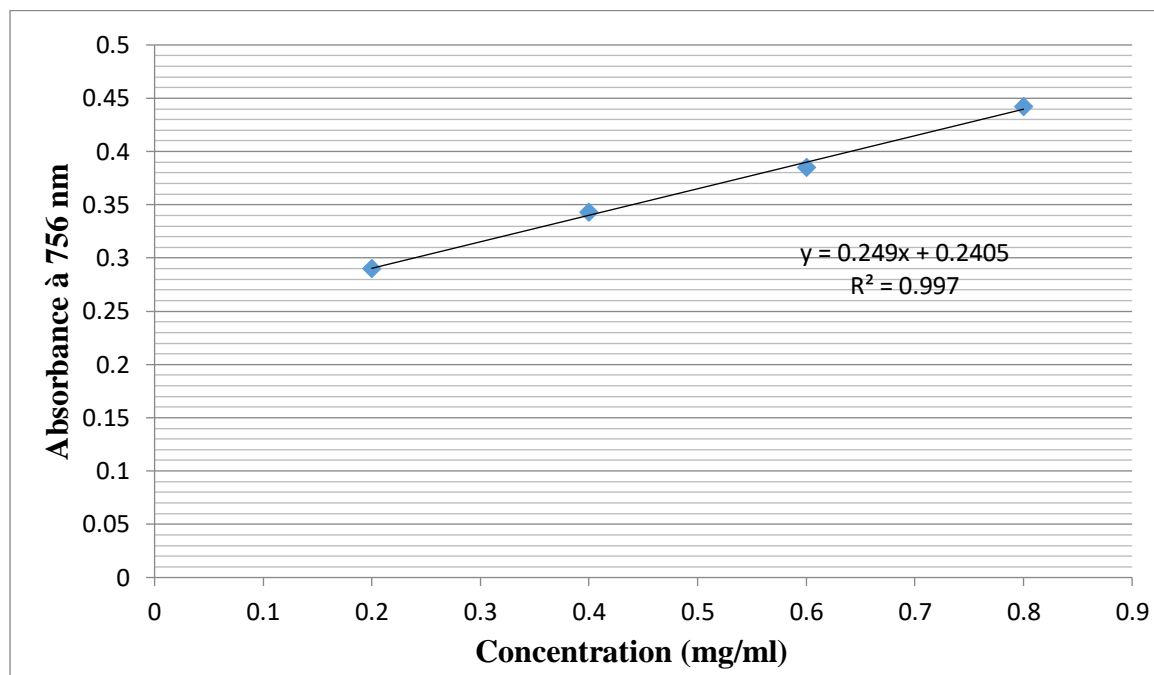
<b>phénols</b>	+++		+++	
<b>flavonoïdes glycosides</b>	---		---	
<b>Sucres réducteurs</b>	--+		--+	
Fortement positif (+++) Moyennement positif (++) Faiblement positif (--+) Négatif ou absences (---)				

L'étude de criblage phytochimique des extraits des limbes et des feuilles d'artichaut montre une différenciation entre ces deux organes dans la contenance en composés actifs, d'où les extraits des limbes sont riches en flavonoïde en phénols qui sont fortement présents (+++), en revanche les extraits des feuilles indiquent une forte présence (+++) en flavonoïdes, tanins et phénols, d'autre part, on note que les saponines et les sucres réducteurs sont moyennement présents (++) dans les limbes et faiblement présents (--+) dans les feuilles mis à part les stérols et poly terpènes qui sont moyennement présents (++) dans l'extrait des deux organes. On note l'absence d'autres composés tels que : les flavonoïdes glycosides, les tanins vrais et les tanins (---) dans les limbes, les tanins et les alcaloïdes dans les feuilles.

## II .2. Résultats des analyses quantitatives

### II .2.1. Résultats de l'analyse quantitative des phénols totaux (des limbes et feuilles)

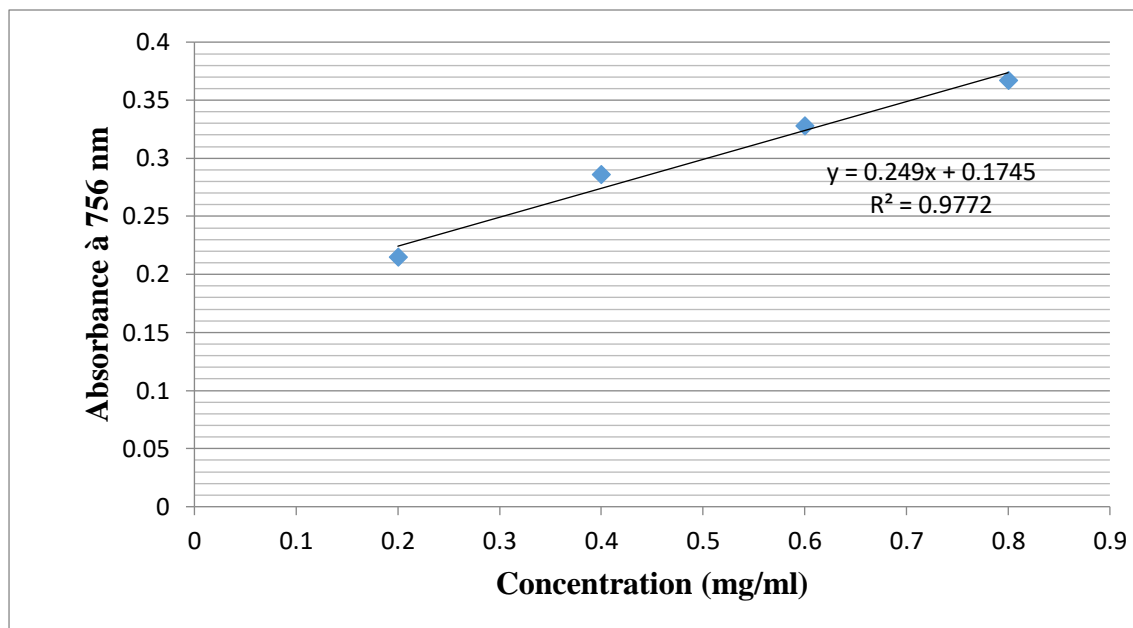
Le dosage des phénols a été réalisé par la méthode colorimétrique décrite par **Ali-Rachedi F., 2018**). Les teneurs en phénols totaux la plante étudiée a été estimée grâce à une courbe d'étalonnage en utilisant l'acide gallique comme standard (**Figure n°24 et 25**). Ils sont exprimés en (mg/ml) d'acide gallique, l'absorbance est lue à 756nm.



**Figure n°24 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique (des limbes)**

La courbe d'étalonnage a montré un coefficient de corrélation  $R^2=0,997$  et une formule de régression  $Y=0,249x+0,240$ (**Figure n°24**).

**La teneur en poly phénols dans les limbes ( $0,670\pm 0,004$ ) mg/ml**



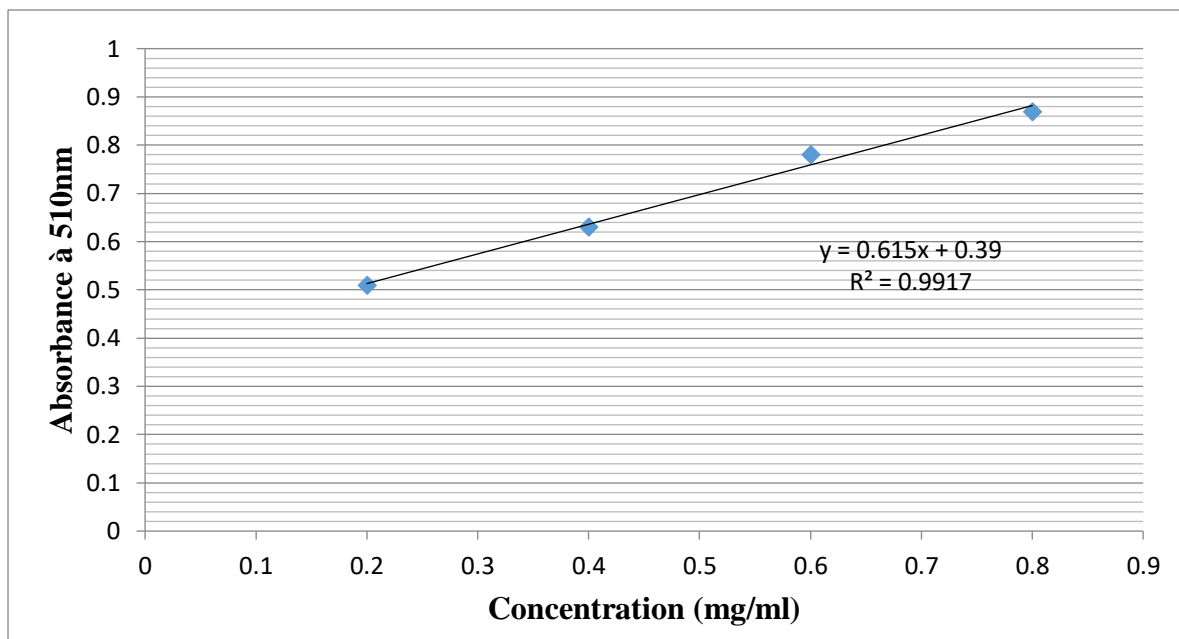
**Figure n° 25 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique (des feuilles)**

La courbe d'étalonnage a montré un coefficient de corrélation  $R^2=0,997$  et une formule de régression  $Y=0,249x+0,174$ (**Figure n°25**).

**Les poly phénols des feuilles (4,60±0,41) mg/ml**

### **II .2.2. Résultats de l'analyse quantitative des flavonoïdes totaux (des limbes et feuilles)**

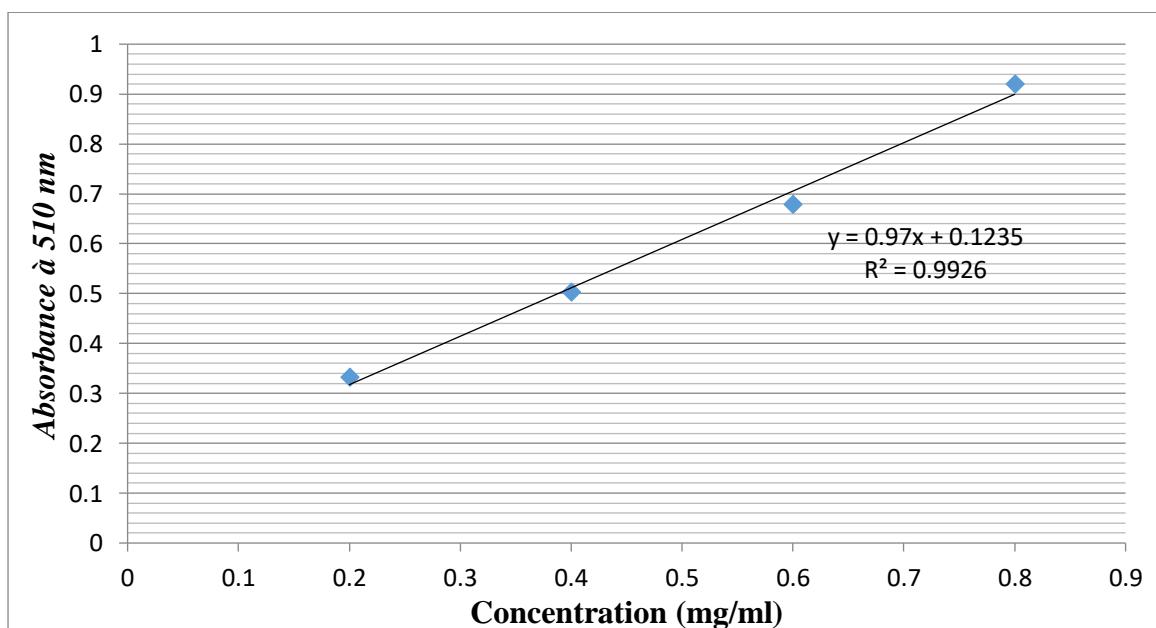
Les taux des flavonoïdes des extraits ont été calculés à partir de la courbe d'étalonnage, tracée en utilisant la quercétine comme standard (**Figure n° 26et 27**). Ils sont exprimés en (mg/ml) de quercétine ; l'absorbance est lue à 510 nm.



**Figure n°26 : Courbe d'étalonnage de la quercétine (de limbes)**

La courbe d'étalonnage des limbes a montré un coefficient de corrélation  $R^2=0,991$  et une formule de régression  $Y=0,615x+0,39$  (Figure n°26).

**Les flavonoïdes des limbes ( $1,51\pm0,41$ ) mg/ml**



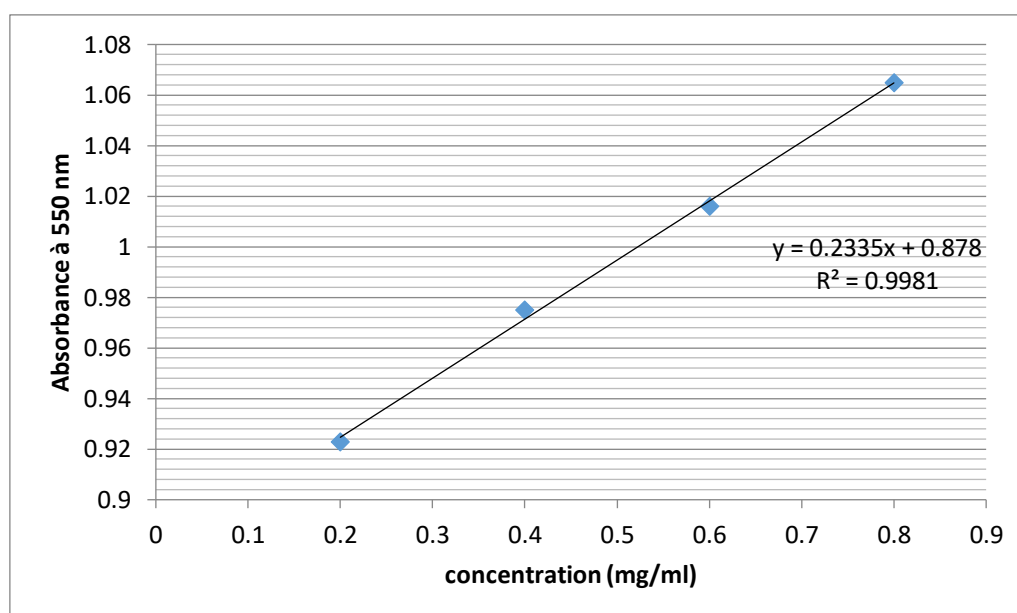
**Figure n°27 : Courbe d'étalonnage de la quercétine (des feuilles)**

La courbe d'étalonnage des feuilles a montré un coefficient de corrélation  $R^2=0,971$  et une formule de régression  $Y=0,97x+0,123$  (**Figure n°27**).

**Les flavonoïdes des feuilles ( $0,803\pm0,002$ ) mg/ml**

### II .2.3. Résultats de l'analyse quantitative des tanins (des feuilles)

La teneur en tanins a été à partir de la courbe d'étalonnage, tracée en utilisant la catéchine comme standard. Les résultats ont été déterminés à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage (**Figure 28**), l'absorbance est lue à 550 nm.



**Figure n°28 : Courbe d'étalonnage de la catéchine (des feuilles)**

La courbe d'étalonnage a montré un coefficient de corrélation  $R^2=0,998$  et une formule de régression  $Y=0,233x+0,878$  (**Figure n°28**).

**Tanis dans les feuilles ( $1,231\pm0,05$ ) mg/ml**

### II .3.Mesure de l'activité antioxydants des extraits des limbes et des feuilles (DPPH)

La teneur en DPPH a été déterminée à partir de la courbe d'étalonnage, la concentration inhibitrice 50%, représente la quantité de l'échantillon testée nécessaire pour réduire 50% de l'activité du DPPH. L'absorbance est mesurée à 515 nm. La valeur de l'IC50 a été déterminée graphiquement par la régression linéaire, le pourcentage d'inhibition du DPPH est calculé par la formule suivante :

$$\text{Inhibition \%} = (\text{Absorbance contrôle} - \text{Absorbance test} / \text{Absorbance contrôle}) \times 100$$

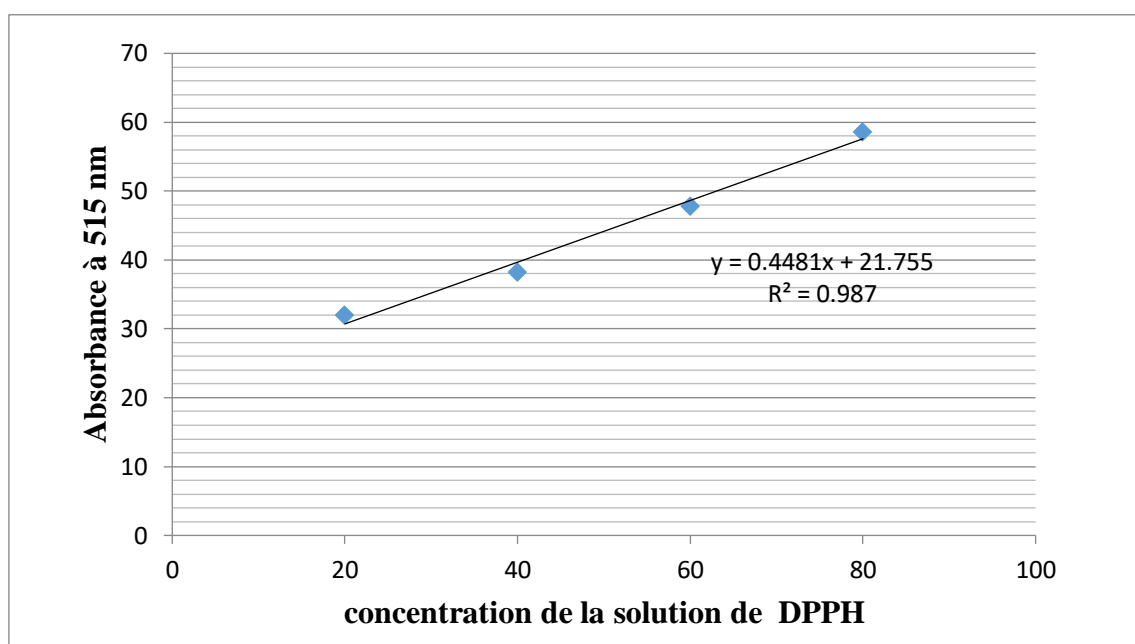
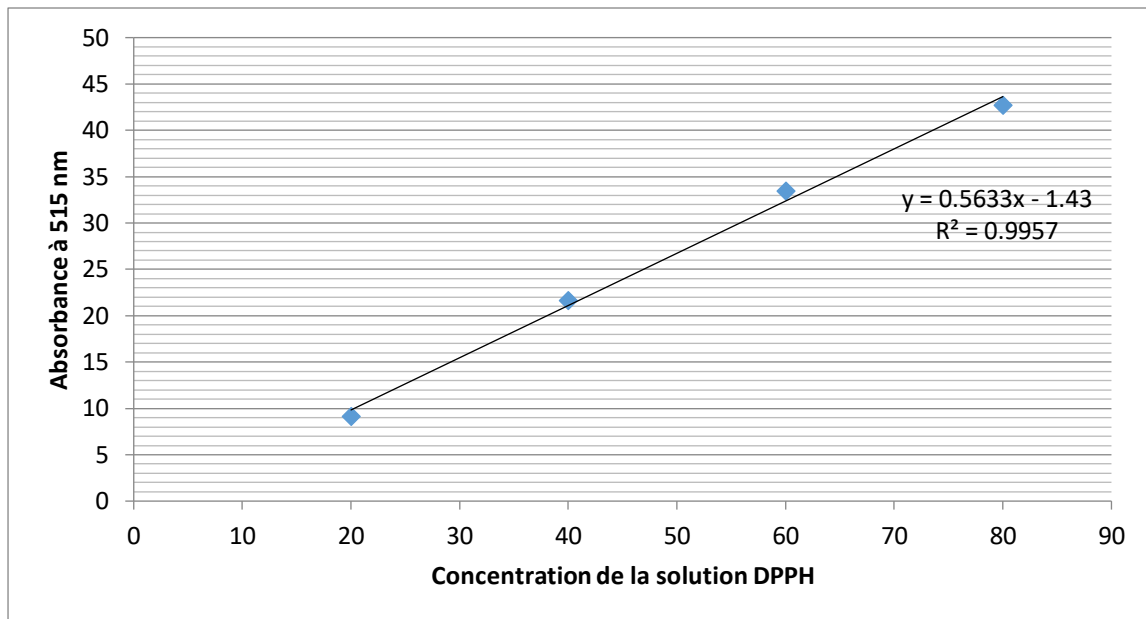


Figure n°29 : La courbe de calibration du DPPH des limbes

La courbe d'étalonnage des limbes a montré une formule de régression  $Y=0,448x+21,75$  et un coefficient de corrélation  $R^2=0,987$  (Figure n°29).

Valeur d'IC50 des limbes

$$\text{IC50} = (63,058 \pm 0,72) \text{ mg/ml}$$



**Figure n°30 : La courbe de calibration du DPPH des feuilles**

La courbe d'étalonnage des feuilles a montré une formule de régression  $Y=0,563x-1,43$  et un coefficient de corrélation  $R^2=0,995$  (**Figure n °30**).

**Valeur d'IC50 des feuilles**

**IC50= (91,34±2,04) mg/ml**

## Discussion générale

Apprendre à reconnaître les plantes à caractère bénéfique pour l'organisme et se méfier de celles ayant un effet néfaste est une nécessité naturelle. L'artichaut *Cynara scolymus L.* représente l'une des plantes médicinales les plus anciennes connues par l'être humain.

L'objectif principal visé dans ce mémoire est de mettre en évidence les différents métabolites secondaires contenus dans les limbes et les feuilles d'artichaut *Cynara scolymus L.* et par la suite la quantification des composés les plus fortement présents et enfin l'évaluation de l'activité antioxydant des limbes et des feuilles de cette espèce connue par ses vertus thérapeutiques.

Les résultats d'extraction des limbes et feuilles d'artichaut par les deux méthodes: l'extraction par macération pendant 24 et l'extraction par décoction, montre que le rendement de l'extraction change selon la technique d'extraction appliquée et selon la nature de l'échantillon, d'où les meilleurs rendements d'extraction sont enregistrés dans les limbes avec 8,24 %, alors que les feuilles marquent un rendement moindre par macération qui est de 6,51%. Cette différenciation peut être attribuée à la technique d'extraction appliquée et la nature de l'échantillon soit sèche ou fraîche. **(Ali-Rachedi F., 2018).**

Les résultats du criblage phytochimique de l'espèce *Cynara scolymus L.* réalisé sur les extraits des limbes et des feuilles, ce qui a révélé la richesse de cette plante en métabolites secondaires, notamment en flavonoïde en phénols qui sont fortement présents (+++) dans les extraits des limbes, en revanche les extraits des feuilles indiquent une forte présence (+++) en flavonoïdes, en tanins et en phénols; nos résultats sont analogues à ceux cités par **(Mahmoudi et al., 2013)**, indiquant que cette variété est riche en polyphénols. On note l'absence d'autres composés tels que : les flavonoïdes glycosides, les tanins vrais et les tanins (---) dans les limbes, les tanins et les alcaloïdes dans les feuilles.

L'analyse quantitative des phénols totaux des deux extraits bruts aqueux et méthanolique a révélé des teneurs élevées de  $(4,60 \pm 0,41)$  dans les feuilles et moindre dans les limbes  $(0,670 \pm 0,004)$ , ces résultats concordent avec ceux cités par **(Haremarugira S., 2019)** indiquant que les feuilles sont principalement utilisées pour la production d'extraits commerciaux enrichies en polyphénols, aussi l'étude de **(Mahmoudi et al., 2013)**, confirme la richesse de cette variété en polyphénols. D'autre part, on note que les flavonoïdes révèlent des taux faibles  $(0,803 \pm 0,002 \text{ mg/ml})$  dans l'extrait des feuilles et légèrement élevées  $(1,51 \pm 0,41)$  dans l'extrait des limbes, ceux-ci pourraient expliquer l'abondance des flavonoïdes

dans les limbes (les bractées), ce qui confère à la plante la défense contre les agents pathogènes. Aussi les flavonoïdes participent également aux mécanismes de tolérance pratiquement à tous les types de stress abiotique, y compris les rayonnements UV, températures extrêmes, exposition à l'ozone, sécheresse ou salinité. **(Haremarugira S., 2019)** De même, les tanins marquent des taux de  $(2,11 \pm 0,11 \text{ mg/ml})$  dans les limbes et  $(1,231 \pm 0,05 \text{ mg/ml})$ , nos résultats sont dans le même ordre que ceux cités par **(Mezrag M. R. et Bentouil K., 2020)**, qui confirment la richesse des feuilles en tanins.

L'activité anti radicalaire révèle une capacité de piégeage du radical DPPH, la plus importante activité antioxydante c'était celle de l'extrait des feuilles avec  $(91,34 \pm 2,04 \text{ mg/ml})$ , tandis que le pouvoir antioxydant enregistrée pour les extraits des limbes était de  $(63,058 \pm 0,72 \text{ mg/ml})$ .

## *Conclusion & Perspectives*

## Conclusion

La connaissance et l'usage des plantes médicinales constituent un vrai patrimoine pour l'être humain. Leur importance dans le domaine de la santé publique a connu un regain d'intérêt durant ces dernières années grâce aux thérapeutiques qu'elles procurent. Cette diversité, en propriétés biologiques, est liée certainement aux vertus thérapeutiques attribuées à une gamme extraordinaire de molécules bioactives, synthétisées par la plante comme des agents thérapeutiques. Ces molécules naturelles phénoliques sont très recherchées en phytothérapie vue les effets secondaires des médicaments et les séquelles néfastes des antioxydants de synthèse.

Les résultats obtenus à partir de l'analyse quantitative des extraits des limbes et feuilles de *Cynara scolymus L* montre des teneurs variables entre ces deux organes en polyphénols notamment dans les feuilles ( $4.60 \pm 0.41$  mg/ml). Par contre les flavonoïdes enregistrent des teneurs importants dans les limbes avec ( $1.51 \pm 0.41$  mg/ml); Les tanins ont montré des faibles concentrations par rapport aux autres composés phénoliques tels que les polyphénols totaux et flavonoïdes. Le pouvoir antioxydant dénoté à travers le test de réduction du radical libre DPPH, montre une variation d'efficacité de l'activité antioxydante. Une bonne capacité à piéger le radical libre DPPH de ( $63,058 \pm 0,72$  mg/ml) dans les limbes et ( $91,34 \pm 2,04$  mg/ml) dans les feuilles.

Globalement, la plante sélectionnée dans ce travail contient probablement des molécules très intéressantes qui peuvent être considérées comme des agents antioxydants de première classe et peuvent être employées pour des applications thérapeutiques, sachant que les antioxydants contribuent de manière très efficace à la prévention des maladies telles que le colopathie fonctionnelles.

## Perspectives

- ❖ Les limbes et les feuilles de l'artichaut *Cynara scolymus L* sont riches en métabolites secondaires, une exploitation de ces propriétés antioxydantes implique une recherche plus poussée de ces principes actifs, de nombreuses perspectives peuvent être envisagées.
- ✓ Compléter le présent travail par la purification et l'identification de diverses molécules en utilisant des techniques chromatographies diverses.

- ✓ L'identification de divers métabolites dans d'autres organes de la plante comme les fleurs et les racines.
- ✓ L'étude in vivo des molécules isolées dans le but de trouver des applications pharmaceutiques et alimentaires diverses.

## *Références bibliographiques*

## « A »

- ❖ **Aitor C., Maria João M., Eugenio U., and Lourdes S., (2021).** Trending Topics on *Coumarin* and Its Derivatives in 2020. *Molecules*. 26, 501.2-15.
- ❖ **Ali-Rachedi F., 2018.** Analyse quantitative des composés phénoliques d'une endémique algérienne *Scabiosa Atropurpurea sub. Maritima L.* Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. 87, articles, 2018, p. 13 -21.
- ❖ **Allainndijon JC., (2008).** Les fonctions de nutrition (digestion). p.15.
- ❖ **Antal M., Regol Y., Mérei A., Biro L., Arato G., Schmidt J., Nagy K., Greiner U., and Lourdes S., (2021).** Trending Topics on Coumarin and Its Derivatives in 2020. *Molecules*. 26, 501.2-15.
- ❖ **Anonyme ., (2010).** World Gastroenterology Organization (WGO) (2010). Conseils alimentaire pour une bonne santé digestive. p 6.
- ❖ **Atidi, H. (2016).** La fréquence des troubles intestinaux fonctionnels chez les étudiants en médecine. Thèse. Facultés de médecine et de pharmacie Marrakech, Maroc.

## « B »

- ❖ **Bachelor B., (2014).** L'approche FODMAP améliore la symptomatologie gastro-intestinale chez les patients adultes souffrant d'un syndrome de l'intestin irritable. p 16 et 18-21.
- ❖ **Benyagoub, H. et Daoudi, Y. (2021).** Augmentation du taux de multiplication par œilletons produits en pépinière chez la variété d'artichaut (*Cynaras colymus L*) le violet d'Hyères. Mémoire. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Algérie.
- ❖ **Bensalek, F. (2018).** L'utilisation des plantes médicinales pour le traitement des troubles fonctionnels intestinaux dans le contexte marocain. Thèse de doctorat. Université cadi Ayad, Maroc.

- ❖ **Belhouari, S. et Belhanafi, S. (2021).** Étude ethnobotanique et phytochimique des plantes médicinales utilisées pour le traitement des troubles fonctionnels intestinaux dans la wilaya de Mostaganem. Mémoire. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Algérienne.
- ❖ **Benhamed, O. Marini, A. (2019).** Contribution à l'évaluation de l'activité antioxydant des extraits de *Cynara scolymus L.* (Artichaut). Mémoire. Université Abou bekrbelkaid – Tlemcen, Algérie.
- ❖ **Boutaoui, N et Zaiter, L. (2012).** Recherche et détermination structurale de métabolites secondaires de *Matricaria Chamomilla (Asteraceae)* Etude de la phase acétate d'éthyl. Mémoire. Université Constantine, faculté des sciences exacte département de chimie, Algérie.
- ❖ **Bozin, B. Mimica-Duric, N. Samojlik, I. Goran, A. and Igic, R. (2008).** Phenolics as antioxydants in garlic (*Allium sativum L. Alliaceae*). Journal.

## « C »

- ❖ **Chabrier, J. (2010).** Plantes médicinales et formes plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie d'utilisation en phytothérapie. Thèse de doctorat. Université Henri Poincaré, nancy 1 faculté de pharmacie. France.
- ❖ **Clémence, B. (2006).** Protéines alimentaire et prévention des dysregulations glycémique : effet du glutathion Thion et de l'apport en cystéine. Thèse, institut national agronomie, paris –grignon.
- ❖ **Courtois, M. et Martine, S. (2016).** traitement de colopathie fonctionnelles par mésothérapie A propos de 2 CAS. Thèse. Université paris vi facultés de médecine de la pitié salpêtrière, France.
- ❖ **Congo, M. (2012).** Étude des propriétés anti radicalaire et antiproliférative d'extraits de feuilles et de rameaux de *Salvadora Persica L. (Salvadoraceae)*. Thèse. Université d'Ouagadougou Burkina Faso. P42, France.

## « D »

- ❖ **Delbour, C. (2016).** Le vécu des patients atteints du syndrome de l'intestin irritable et leurs attentes. Thèse de doctorat. Université Lille 2 droit et sante, France.
- ❖ **Diridi, B. (2002).**un système intègre de micro propagation de l'artichaut (*cynarascolymus l.*).Mémoire. Facultatif Landouzy wkundige en ToegepasteBiologischeWetenschappen, Tunisie.
- ❖ **Dohou n., Yamni k., Gmira n., Idrissi hassani, l.m. (2003).** Screeningphytochimique d'une endémique ibéro-marocaine *Thymelaealythroïdes*, Bull. Soc. Bordeaux.p142, 61-78.
- ❖ **DucrotteP., (2005).** Physiopathologie et traitement des troubles fonctionnels intestinaux. EMC-Hépto-Gastroentérologie Elsevier, 2, 400–412.
- ❖ **Drago, H. (2015).**Métabolisme secondaire de *sterptomycesampofaciens* exploration génomique et étude du groupe de gènes dirigeant la synthèse du sphydrofurane .Thèse de doctorat. Université Paris -Sud, France.

## « E »

- ❖ **EL-Salhy, M. Gundersen, D. (2015).**Die in irritable bowel syndrome. Journal de la nutrition, 14 (1).
- ❖ **Estelle, S. (2016).**la vitamine c .Rapport de recherche .université de Québec à Chicoutimi, canada.

## « G »

- ❖ **Ghnimi, W. (2015).** Etude photochimique des extraits de deux Euphorbiacées : Ricins communisa Evaluation de leur propriété anti leur action i l'acétyla cholinestérase. Thèse de doctorat en cotutelle .université de lorraine, France.

❖ **Guiga, M. (2019).** Vitamine E : Métabolisme, rôle physiologique. Intérêt et risques d'une supplémentation .Thèse. université de lorraine, France.

❖ **Goucerol, G. (2015).**Stress et syndrome de l'intestin irritable. La Lettre de l'Hépatogastroentérologue • Vol. XVIII - n°3 ,119-120.

## « H »

❖ **Haddouchi F., Chaouche TM., Halla N., (2016).**Screening phytochimique, activité antioxydantes et pouvoir hémolytique de quatre plantes sahariennes d'Algérie. Phytotherapy.

❖ **Hanh, Ph. (2014).**Utilisation des caroténoïdes naturels de Momordique cochinchinensis (gac) comme composés santé : extraction et bio activité en fonction de l'origine et du procédé. Thèse. Université de Bourgogne, France.

❖ **Haremarugira S. (2019).** Etude du pouvoir coagulant et antioxydant de l'artichaut sauvage et de l'artichaut cultivé au Maroc. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en Biotechnologie Appliquée à la Production Végétale, Industrie Agroalimentaire, Université ChouaibDoukkali-Maroc.

## « J »

❖ **Jimmy Serge, M. (2015).** Complications graves de la constipation chez le patient psychiatrique. Thèse. Université paris Diderot-paris 7. p 10.

## « K »

❖ **Kahlouch, S.et Ketrouti, N. (2018).**Côlonirritable et paramètres influençant. Enquête sur des cas hospitaliers au niveau de la wilaya de Mostaganem. Mémoire. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Algérie.

- ❖ **Khater, F. (2011).** Identification et validation fonctionnelle de nouveaux gènes potentiellement impliqués dans la biosynthèse des composés phénoliques. Thèse. Ecole doctorale : science des procédés – science des aliments Discipline : Biochimie et biologie moléculaire, France.
- ❖ **Kohler C., (2011).** Digestion. collège universitaire et hospitalier des histologistes, embryologistes, cytologistes et cytogénéticiens (CHEC). p 3.
- ❖ **Koffi N., Beugre K., Guede N. Z., Dossahoua T., Laurent A.,(2009).** Screening phytochimique de quelques plantes médicinales ivoiriennes utilisées en pays Krobou (Agboville, Côte-d’Ivoire), Sciences & Nature Vol.6 N°1:1 – 15.

## « L »

- ❖ **Laguna, O. (2019).** Valorisation des composés phénoliques de colza et de tournesol : du fractionnement des matières premières à la synthèse de molécules multifonctionnelles. Thèse. École doctorale GAIA – Biodiversité, Agriculture, Alimentation, Environnement, Terre, Eau Unité de recherche umriate – cirad, France.
- ❖ **Larbi, Dj. et Amrous, S. (2017).** Extraction et caractérisations des polysaccharides hydrosolubles des feuilles de vigne muscat d’Alexandrie. Mémoire. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie.
- ❖ **Laraba, M. (2016).** Etude in vitro de l’activité antioxydante des polyphénols isolés à partir d’une plante médicinale. Mémoire. Université des Frères Mentouri Constantine Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Algérie.
- ❖ **Lasztity N., Sabo C., Péter S., Martos E., (2008).** Effects of oligofructose containing diet in obese persons. ORV Hetil, 149 (42): 1989 – 1995.
- ❖ **Lbguille, C. (1996).** Activités de systèmes antioxydants chez *Unio tumidus*, bivalve dulçaquicole en conditions physiologiques et de stress chimique. Thèse de doctorat. Université de MBTZ centre de la science de l’environnement, France.

- ❖ **Louis, E. (2014).** Diagnostic différentiel d'une diarrhée chronique. Journal.

## « M »

- ❖ **Matos, S. (2016).** statuts vitaminique C chez des sujet hospitalisés dans un service de médecine interne : analyse de fréquence, facteurs de risque et corrélation clinico-biologique. Thèse. Université Paris Descartes, France.
- ❖ **Mahmoudi, S. Khali, M. Mahmoudi, N. (2012).** Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynarascolymus*L). Thèse .Université SaâdDahlab, Faculté des sciences Agro-vétérinaires.algérie.
- ❖ **Maetz, M. (2014).** Alimentation, environnement et santé. p 1.Journal.
- ❖ **Mezrag, M.et Bentouil, KH. (2020).**Etude Comparative Dès L'activité Antioxydant et Antibactérienne des Espèces médicinale Locale « *CynaraCardunculus L, Cynarascolymus L.* ».Mémoire. Université des el arbi ben l'Mdihi, Algérie.
- ❖ **Michel, J. (2012).** Classification et influences des polyphénols du bois de chêne sur la qualité sensorielle des vins (Application du procédé Oakscan®).Thèse. Université Bordeaux 2, France.
- ❖ **Miccadie S., Divenered., Cardinali A., Romono F., Durazzo A., Foddai M.,Fraioli R., Mobarhan S., Maiani G., (2008).** Ant oxidative and apoptotic properties of polyphenolic extracts from edible part of artichoke (*Cynarascolymus L*) on cultured rat hepatocytes and on human hepatoma cells. Nutrition and Cancer, 60 (2): 276 – 283.

## « N »

- ❖ **Nathan, P. (2011).**Troubles digestifs. Rapport de recherche Département de Ressources professionnelles. p 2.
- ❖ **Najjaa H., Zouari S., Arnault I., Auger J., Ammar E. Et neffati M. (2011).** Différences et similitudes des métabolites secondaires chez deux espèces dugenre *Allium*, *Alliumroseum* L. ET *Alliumampeloprasum* L. Acta Bot. Gallica, 158(1), 111-123.

## « P »

- ❖ **Patrick B., and Marie J., (2017).**Absorption, métabolisme et effets santé de la vitamine E. *LipidNutri* +32.1-6.
- ❖ **Philippe, J. (2012).** Etude de la capacité antioxydant en lien avec la reproduction chez l'huître creuse *Crosspostera gigas*. Thèse de doctorat. Institut universitaire européen de la mer laboratoire des Sciences de l'environnement marin, Bretagne.
- ❖ **Piche T., Dapoigny M., (2007).**Recommendations for the clinical management and treatment of chronic constipation in adults. *Gastroentérologie Clinique et Biologique* [en ligne], Vol. 31(2), 125-35 p.
- ❖ **Pierre-Alexandre, L. (2014).**Caractérisation biochimique et fonctionnelle de glutathion transférase à cystéine catalytique de peuplier (*Populustrichocarpa*).Thèse. Université de lorraine, France.
- ❖ **Prieto P., Piedad M., Aguel A. (1999).** Spectrophotometric quantification of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: Specific Application to the Determination of Vitamin E. *Analytical biochemistry* 296: 337-341.
- ❖ **Prouillac, C. (2009).** Synthèse et évaluation de nouveaux composés organique et phosphorés contre les effets des rayonnements ionisants. Etude de leur mécanisme d'action in vitro. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier Toulouse III.
- ❖ **Portela,J. (2016).** Syndrome de l'intestin irritable, quelle prise en charge ostéopathique.*Journal*.

## « R »

- ❖ **Ramful D., Tarnus E., Aruoma O., Bourdon E et BahorunT., (2011).** Polyohéol composition, vitamin C content and antioxydant capacity of *Mauritian citrusn* fruit pulp.*Food Research International*, 44: 2088-2099.

- ❖ **Rezaire, A. (2012).** Activité anti-oxydante, et caractérisation phénolique du fruit de palmier amazonien *Oenocarpus bataua* (patawa). Thèse pour le doctorat. Université des Antilles et de la Guyane, les Amériques.
- ❖ **Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., ET Rice-Evans C., (1999).** Antioxydant activity applying and improved ABTS radical cation decolorization assay free radical biology and medicine, 26: 1231-1237.
- ❖ **Rira, R. (2019).** Les tanins hydrolysables et condensés : une piste pour la réduction de la production du méthane entérique par les ruminants en milieu tropical. Thèse école doctorale de la science de la vie et de la santé – Agronomie – environnement, France.

## « S »

- ❖ **Sanchez-Moreno C., (2002).** Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food Science and Technology International*, 8(3) : 121-137.
- ❖ **Sabaté, JM. Et Jouët, P. (2016).** Prise en charge du Syndrome de l'Intestin Irritable (SII). *Journal*.
- ❖ **Schorr, D. (2015).** Caractérisation et modification des lignines industrielles. thèse. Université Laval, Canada.
- ❖ **Séverine, M. (2001).** la phytothérapie et les troubles digestifs. Thèse. Université henri Poincaré – nancy 1, France.
- ❖ **Sifi, S. et Benghernaout, I. (2017).** Enquête sur la relation entre l'alimentation et le syndrome du colon irritable SII. Mémoire. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Algérienne.
- ❖ **Simrén M., Månsson A., Langkilde A., Svedlund J., Abrahamsson H., Bengtsson U., Björnsson ES., (2001).** Food-related gastrointestinal symptoms in the irritable bowel syndrome. *Digestion*; 63(2):108-115.

- ❖ **Singleton V., Rossi J., (1965).**Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. 16:144-58.
- ❖ **Skiredj, H. Elattir, L.D. Walali et A. Elfadl. (2003).** Fiches techniques VII. L'artichaut, le cardon, le maïs doux, l'asperge, le poireau, Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA. Maroc. pp. 4.
- ❖ **Syndicat Professionnel Démarche Qualité Artichaut du Roussillon Maison de l'Agriculture – 19, avenue de Grande Bretagne 66025 perpignan Cedex.**Journal.

## « T »

- ❖ **Tachour, E.et Haloui, S. (2018).** Evolution de la conductivité hydraulique dans un sol aménagé et non aménagé par la méthode de Porche au niveau de station d'El-Hmadna(INRAA).Mémoire. Université Abdelhamid Ben Badis-Mostaganem Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Algérie.
- ❖ **Tarek, B. (2014).** Biodiversité, bio activité et biosynthèse des composés terpéniques volatils des lavandes ailées, lavandou stockas Sensu Lato, un complexe d'Espèces méditerranéennes d'Intérêt Pharmacologique. Thèse. Université Jean Monnet-saint Etienne, faculté de science et technique école dac trôla : Sciences, Ingénierie et Santé. Algérie.
- ❖ **Tigrine, N. (2016).** Activité antioxydant des extraits d'écorce et de pulpe de Citrus limon et Citrus sinensis. Mémoire. Université Abderrahmane Mira de Bejaïa Faculté des Science de la Nature et de la Vie, Algérie.
- ❖ **Thomas, D. (2016).**les antioxydants de nos jours : définition et application. Thèse. Université de Limoges, France.

## « Y »

- ❖ **Yves-alain B., Janat A., Mamyrbekova B., Boua B., BouA., Fezan H., Trab I.; Ehouan E., Éhil É. (2007).** Étude ethnobotanique et screening phytochimique de *Caesalpinia benthiana* (Baill.) Herend. Et *Zarucchi* (Caesalpinaceae). *Sciences & Nature* Vol. 4 N°2 : 217 – 225.

## « I »

- ❖ **Iqbal H., Moneeb U.; Riazullah M. ; Nae KH.; Farhat A. ; Zahoorullah and Sajja D., (2011).** Phytochemicals screening and antimicrobial activities of selected medicinal plants of Khyberpakhtunkhwa Pakistan *African Journal of Pharmacy Pharmacology* Vol. 5(6), pp. 746-750.

## « Z »

- ❖ **Zaghdoudi, kh. (2015).** Optimisation de l'extraction des caroténoïdes à partir du périmons (*Diospyros kaki L.*), de l'abricot (*Prunus Armenia L*) et de la pêche (*Prunus persica L*) : étude photo physique en vue d'une application en thérapie photo dynamique (PDT). Thèse. Université de Lorraine, France.
- ❖ **Zerargui, F. (2015).** Activité antioxydant des extraits de racines *Tamus communis L.* et caractérisation des substances bioactives. Thèse doctorat. Université de Lorraine, France.
- ❖ **Zilal, K. (2009).** Rôle du superoxyde de dismutase à manganèse et de la protéine *damageddnabinding 2* dans la croissance tumorale mammaire. Thèse. Université Henri Poincaré - Nancy 1, France.
- ❖ **Zurich M F., (2008).** Côlon irritable. *Journal Mostatsschriftkinderheilkundes.* 156:275-286, vol 19.N°5. p 23.

## ***ANNEXES***

## **Annexe**

### **Préparation des réactifs**

#### **Le réactif de vanilline**

Le réactif de vanilline a été préparé en mélangeant à volume égal : HCl à 8 % (v/v), le méthanol à 37 % (v/v) et 4 % de vanilline dans du méthanol (m/v). Le mélange a été maintenu à 30 °C avant le dosage.

#### **Le réactif de Fehling**

Deux solutions aqueuses sont préparées et mélangées à parts égales, à la demande, pour former la liqueur de Fehling qui se conserve environ 18 mois :

- solution 1 :45 g de sulfate de cuivre ( $\text{CuSO}_4$ ) dans 1000 ml d'eau distillée (solution saturée).
- solution 2 :200 g de sel de Seignette (tartrate de sodium et de potassium,  $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) et 150 g d'hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ) dans 1000 ml d'eau distillée.

La liqueur de Fehling est corrosive (C) et dangereuse pour l'environnement (N).

#### **Le réactif de Mayer**

- Chlorure de mercure.....1,36 g
- Iodure de potassium.....5 g
- Eau distillée.....qsp 100 ml