

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

UNIVERSITÉ DJILALI LIABES DE SIDI BEL ABBES



FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

Mémoire

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

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

Filière : Biotechnologies

Spécialité : Biotechnologies et valorisation des plantes

Intitulé du thème :

**Contribution à l' étude phytochimique et l'activité antioxydante de
l'abricotier de la région de Bousfer (Oran)**

Présenté par : Mlle. **DIDANI Khaoula**

Mlle. **MEDDAH Amira**

Mémoire soutenu devant l'honorable jury composé de :

Président de jury	: Mme. TOUMI Fouzia	(Professeur, SBA)
Examineur	: Mlle. AYACHE Abbassia	(MCA, SBA)
Promoteur	: M. SAID Mohammed El-Amin	(MCB, SBA)
Co-Promoteur	: Mlle. BETTAYEB Zouaouia	(Doctorante, SBA)

Année universitaire 2019-2020

Session « 01 »



Remerciements

*En préambule à ce mémoire, nous remercions **Allah** le Tout-Puissant qui nous a donnés la chance, la volonté et la force pour faire ce modeste travail.*

*Nous remercions sincèrement **Mme TOUMI BENALI Fouzia**, professeur à l'université Djillali Liabes et notre responsable de spécialité d'avoir accepté de présider ce jury.*

*Nous remercions aussi **Mlle AYACHE Abbassia** pour l'attention qu'elle a portée à notre travail en acceptant de l'examiner.*

*Nous tenons à remercier également notre encadreur **M. SAID Mohammed El-Amin** d'avoir accepté de nous encadrer, ainsi pour sa présence permanente et indispensable, pour son aide durant la réalisation de notre travail et pour son encouragement tout le long de nos épreuves, il nous a orientés vers le succès avec ses connaissances.*

*Nous voudrions aussi témoigner notre gratitude à **Mlle BETTAYEB Zouaouia** pour son aide qui nous a été précieux et ses propositions qui ont enrichi notre recherche.*

Enfin nous exprimons toute notre gratitude à toutes les personnes que nous n'avons pas citées et qui ont collaboré à la réalisation de ce travail.



DEDICACE

*Nous dédions ce travail à toute personne qui
nous aime*

Et qui nous a soutenus dans notre vie.

*À nos parents qui nous ont soutenus dans notre
chemin et qu'Allah les bénit.*

À nos frères.

À tous nos amis sans exception.

Amira et Khaoula

Tables des matières

Remerciements

Dédicace

Résumé

Liste d'abréviation

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction..... 01

Références bibliographiques 04

Partie bibliographique

Chapitre 1 : Phytothérapie et *Prunus armeniaca*..... 06

I. La phytothérapie..... 07

1. Définition. 07

2. Historique..... 07

3. Recherche actuel..... 09

4. Plantes médicinales..... 10

4.1. Éléments actifs des plantes médicinales..... 10

4.2. Préparations et modes d'utilisation..... 10

4.2.1. La Tisane..... 11

4.2.2. Bains d'herbes..... 11

4.2.2.1. Au niveau des muqueuses..... 11

4.2.3. Teintures..... 12

4.2.4. Extraits..... 12

4.2.5. Cataplasmes..... 12

4.2.6. Onguents « Pommade »..... 12

4.2.7. Inhalation..... 12

II. *Prunus armeniaca*..... 13

1. Définition de la plante..... 13

2. Description..... 13

3. Systématique..... 14

Table des matières

4. Variété connue de l'abricotier.....	14
5. Aspect thérapeutiques.....	14
6. Propriété médicinales.....	15
7. Parties utilisés de <i>Prunus armenica</i>	15
7.1. Abricot, fruit d'abricotier.....	15
7.2. Huile végétale.....	16
8. Production d'abricotier.....	17
2.8.1. Production mondiale.....	17
2.8.2. Production locale « en Aalgérie ».....	17
Références bibliographiques.....	18
Chapitre 2 : Composés phénoliques	19
1. Biosynthèse des polyphénols	20
1.1. Voie du shikimate.....	20
1.2. Voie acétate-malonate.....	22
2. Structure des polyphénols	22
3. Classes des polyphénols	22
3.1. Acides phénoliques et les coumarines.....	23
3.1.1. Acides benzoïques	23
3.1.2. Acides cinnamiques	23
3.1.3. Coumarines	23
3.2. Flavonoïdes.....	24
3.2.1. Structure des flavonoïdes.....	24
3.2.2. Classification des flavonoïdes.....	24
3.3. Autres composés phénoliques.....	25
3.3.1. Anthocyanosides.....	25
3.3.2. Tannins.....	25
4. Composition phénolique de <i>Prunus armeniaca</i>	26
Références bibliographiques.....	27
Chapitre 3 : Radicaux libres et molécules antioxydante	29
1. Radicaux libres.....	30
1.1. Définition des radicaux Libres.....	30

Table des matières

1.2. Sources des radicaux libres.....	31
1.3. Exemples de radicaux libres	32
2. Antioxydants.....	32
2.1. Définition des antioxydants	32
2.1.1. Antioxydants endogènes.....	33
2.1.1.1. Antioxydants enzymatiques.....	33
2.1.1.2. Antioxydants non enzymatiques.....	33
2.1.2. Antioxydants exogènes.....	33
2.2. Classification des antioxydants	33
2.2.1. Classification des antioxydants selon leur nature chimique dans les aliments.....	33
2.2.1.1. Antioxydants synthétiques.....	33
2.2.1.2. Antioxydants synergiques	34
2.2.1.3. Antioxydants naturels.....	34
2.2.2. Classification des antioxydants selon leurs mécanismes d'action.....	34
2.2.2.1. Antioxydants primaires « radicalaires vrais ».....	34
2.2.2.2. Antioxydants secondaires « préventifs »	34
2.3. La Toxicité des antioxydants	35
3. Stress oxydatif.....	35
4. Mécanismes d'action des antioxydants	36
5. Méthodes d'évaluation des propriétés antioxydantes <i>in vitro</i>	36
6. Principales classes d'antioxydants d'abricot	37
6.1. Caroténoïdes.....	37
6.2. Composés phénoliques simples.....	37
6.3. Flavonoïdes.....	38
Références bibliographiques.....	39

Partie Expérimentale

Chapitre 1 : Matériels et méthodes	43
1. Échantillonnage et Préparation de la matière végétale.....	44
1.1. Description de la variété étudiée.....	45
1.2. Séchage.....	46

Table des matières

2. Extraction.....	46
2.1. Macération.....	47
2.2. Infusion.....	47
2.3. Décoction.....	47
2.4. Rendement d'extraction.....	48
3. Dosage des composés phénoïques.....	48
3.1. Dosage des phénols totaux.....	48
3.2. Dosage des flavonoïdes.....	48
3.3. Dosage des flavonols.....	49
3.4. Dosage des tanins condensés.....	49
3.5. Dosage des tannins hydrolysables.....	49
4. Test d'activité antioxydante par le piégeage du radical libre DPPH (2,2- diphenyl-1 picrylhydrazyl).....	50
4.1. Expressions des résultats.....	50
4.1.1. Calcul des pourcentages d'inhibitions.....	50
4.1.2. Calcul des IC ₅₀	50
Références bibliographiques.....	51
Chapitre 2 : Résultats et discussion.....	52
1. Rendements des extractions.....	53
2. Dosage des composés phénoliques.....	54
2.1. Dosage des polyphénols totaux.....	54
2.2. Dosage des Flavonoïdes.....	56
2.3. Dosage des flavonols.....	57
2.4. Dosage des tanins.....	57
2.4.1. Dosage des tanins condensés.....	58
2.4.2. Dosage des tanins hydrolysables.....	58
3. Activité antioxydante.....	58
3.1 . Test de réduction du radical libre DPPH.....	58
3.1.1. Le pouvoir réducteur des extrait obtenus par macération.....	58
3.1.2. Le pouvoir réducteur des extrait obtenus par infusion.....	60
3.1.3. Le pouvoir réducteur des extrait obtenus par décoction.....	60

Table des matières

3.1.4. Évaluation de la concentration inhibitrice de 50% de DPPH (IC ₅₀)	62
Références bibliographiques.....	63
Conclusion	64

Résumé

Le présent travail s'intéresse à l'étude phytochimique et à l'activité antioxydante de l'extrait hydroalcoolique de *Prunus armeniaca* qui est une espèce appartenant à la famille des Rosacées.

L'étude était faite sur trois organes de notre plante (feuilles, fleurs et fruits) en utilisant trois méthodes d'extraction (la macération, l'infusion et la décoction) par l'éthanol 80 %. Des dosages de composés phénoliques ont été réalisés sur les extraits, suivis d'une évaluation de l'activité antioxydante en utilisant la méthode du piégeage du radical DPPH.

Les résultats du dosage montrent des variations considérables entre les différents organes de la plante ainsi qu'entre les différentes méthodes d'extraction. Les teneurs les plus élevées sont toujours obtenues par les extraits des feuilles, et celles obtenues par décoction sont les plus importantes par rapport à l'infusion et la macération. Les résultats de l'activité antioxydante révèlent que les extraits des feuilles, fleurs et fruits présentent un effet considérable d'inhibition du radical DPPH en comparaison avec les standards utilisés avec un pourcentage d'inhibition maximal de **92.25 %** à la concentration 2 mg/ml et une valeur IC₅₀ de **0.19 mg/ml** enregistrés pour les extraits des feuilles obtenus par décoction.

Mots clés : *Prunus armeniaca*, méthodes d'extraction, composés phénoliques, activité antioxydante.

Abstract

The present work focuses on the phytochemical study and antioxidant activity of the hydroalcoholic extract of *Prunus armeniaca* which is a species belonging to the Rosaceae family.

The study was done on three organs of our plant (leaves, flowers and fruits) using three extraction methods (maceration, infusion and decoction) by ethanol 80 %. Phenolic compounds assays were performed on the extracts, followed by evaluation of antioxidant activity using the DPPH radical scavenging method.

The results of the assay show considerable variations between the different organs of the plant as well as between the different extraction methods. The highest concentrations are always obtained by leaf extracts, and those obtained by decoction are the most important compared to infusion and maceration. The results of the antioxidant activity reveal that leaf, flower and fruit extracts show a considerable effect of inhibition of the DPPH radical compared to the standards used with a maximum inhibition percentage of **92.25 %** at a concentration of 2 mg/ml and an IC₅₀ value of **0.19 mg/ml** recorded for leaf extracts obtained by decoction.

Keywords : *Prunus armeniaca*, extraction methods, phenolic compounds, antioxidant activity.

الملخص

يركز هذا العمل على الدراسة الكيميائية للنباتات والنشاط المضاد للأكسدة من خلاصة شجرة *Prunus armeniaca* التي تنتمي إلى عائلة الورديات Rosaceae.

وقد أجريت الدراسة على ثلاثة أعضاء مختلفة من النبات (الأوراق، الزهور والفواكه) باستخدام ثلاث طرق للاستخلاص باستعمال الإيثانول % 80 (الاستخلاص عن طريق النقع في السائل البارد (maceration)، في السائل الساخن (infusion) و عن طريق الغليان (decoction)). تم إجراء فحوصات للمركبات الفينولية على المستخلصات المتحصل عليها ، يليها تقييم النشاط المضاد للأكسدة باستخدام طريقة الكسح الجذري DPPH.

وتُظهر نتائج الفحص اختلافات كبيرة بين الأعضاء المختلفة للنبات وكذلك بين طرق استخراجها، التركيزات المتحصل عليها من خلال مستخلصات الأوراق هي الأعلى دائمًا، وتلك التي تم الحصول عليها عن طريق الغليان (decoction) هي الأكثر أهمية مقارنة بالنقع في السائل البارد (maceration) و في السائل الساخن (infusion)، وتكشف نتائج النشاط المضاد للأكسدة أن مستخلصات الأوراق والزهور والفواكه تظهر تأثيرًا كبيرًا في تثبيط DPPH جذرية مقارنة بالمعايير المستخدمة مع الحد الأقصى من نسبة التثبيط 92.25 % بتركيز 2 مغ/مل وقيمة IC_{50} 0.19 مغ/مل مسجلة لمستخلصات الأوراق التي تم الحصول عليها عن طريق الغليان (decoction).

الكلمات المفتاحية : *Prunus armeniaca* ، طرق الاستخراج، المركبات الفينولية، النشاط المضاد للأكسدة.

Liste des abréviations

°C : Degré Celsius.

% : Pourcentage.

ABTS : 2,2-azino bis 3-éthyle-benzothiazoline-6-sulphonate.

Av J-C : Avant Jesus-christ.

CoA : Coenzyme A

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl.

DMPD : Balayage du radical cation N, N- diméthyl- α -phénylénédiamine.

ERO : Espèces réactives à l'oxygène.

FRAP : Capacités réductrices ferriques d'antioxydants.

HPLC : Chromatographie liquide à haute performance.

IC₅₀ : Concentration inhibitrice à 50 %.

OMS : Organisation Mondiale de Santé .

PLC : Photochimiluminescence.

PM : Plantes Médicinales.

PNDA : programme national de développement agricole.

ORAC : Capacité d'absorbance du radical de l'oxygène.

TEAC : Capacité antioxydante équivalente de Trolox.

TOSC : Capacité du piégeage des oxy-radicaux totaux.

TRAP : Paramètre du piégeage du radical total.

UV : Ultraviolet.

Liste des figures

Figure 01 : Arbuste, feuilles, fleur, fruits et écorce de l'abricotier.....	12
Figure 02 : Huile végétale d'abricot.....	15
Figure 03 : Formation de composés phénoliques via la voie de l'acide shikimique.	21
Figure 04 : Voie acétate-malonate.....	22
Figure 05 : Squelette de base des flavonoïdes.....	24
Figure 06 : Principales classes des flavonoïdes.....	24
Figure 07 : Structures des tannins condensés et hydrolysables.....	25
Figure 08 : structure d'un radical libre.....	30
Figure 09 : Les différents sources des radicaux libres.....	31
Figure 10 : Mécanisme d'action d'un antioxydant.	36
Figure 11 : La position géographique de Bousfer commune.....	44
Figure 12 : Les fleurs de <i>Prunus armeniaca</i>	45
Figure 13 : Les feuilles de <i>Prunus armeniaca</i>	45
Figure 14 : Les fruits de <i>Prunus armeniaca</i> (l'abricot)	46
Figure 15 : Rendement d'extraction des différents organes de <i>Prunus armeniaca</i> (feuilles, fleurs et fruits) par trois méthodes.	53
Figure 16 : Pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction de différentes concentrations des extraits de différentes parties de <i>Prunus armeniaca</i> . (Feuilles, fleurs et fruits) obtenus par macération, comparés avec les trois standards.	59
Figure 17 : Pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction de différentes concentrations des extraits de différentes parties de <i>Prunus armeniaca</i> (feuilles, fleurs et fruits) obtenus par infusion, comparés avec les trois standards.	60
Figure 18 : Pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction de différentes concentrations des extraits de différentes parties de <i>Prunus armeniaca</i> (feuilles, fleurs et fruits) obtenus par décoction, comparés avec les trois standards	61

Liste des tableaux

Tableau 01 : Structure des squelettes des polyphénols..... 23

Introduction

Introduction

Depuis la nuit des temps, l'homme a toujours cherché à se servir des plantes pour s'alimenter d'abord mais aussi pour se soigner. Les plantes médicinales sont utilisées depuis des siècles comme remède à diverses maladies humaines, elles doivent leur pouvoir thérapeutique à des substances dites alors actives. La phytothérapie est une médecine à part entière qui étudie ces plantes médicinales et constitue donc une alternative naturelle non négligeable [1].

Les substances naturelles issues des végétaux ont des intérêts multiples mis à profit dans diverses industries comme l'industrie alimentaire, cosmétique et pharmaceutique. Parmi ces composés on retrouve dans une grande mesure les métabolites secondaires, les polyphénols végétaux qui sont largement utilisés en thérapeutique comme vasculoprotecteurs, anti-inflammatoires, inhibiteurs enzymatiques et antioxydants [2].

Le stress oxydant est impliqué dans de très nombreuses maladies comme facteur déclenchant ou associé à des complications [3]. Il est caractérisé par la production quotidienne des radicaux libres par l'organisme, qui sont des composés très réactifs comportant un électron célibataire, nécessaires à des mécanismes vitaux et dont la surproduction peut aussi être très néfaste pour l'organisme [4]. De ce fait, parmi les activités biologiques des plantes médicinales, ces dernières années, l'attention s'est portée sur l'activité antioxydante en raison du rôle qu'elle joue dans la prévention des maladies chroniques telles que les pathologies du cœur, le cancer, le diabète, l'hypertension, et la maladie d'Alzheimer en combattant le stress oxydant [5].

En Algérie, l'abricotier possède une place privilégiée dans la vie des agriculteurs, vue la superficie qu'il occupe et son importance dans le marché national. C'est l'espèce fruitière la plus cultivée devant le pommier, le poirier et le pêcher [6]. Le contenu de ces fruits en fibres, en antioxydants (polyphénols) et en plusieurs autres nutriments (sucres, protéines, lipides, vitamines et minéraux) fait de l'abricot un fruit particulièrement intéressant pour la santé. Plusieurs études prospectives et épidémiologiques ont démontré qu'une consommation élevée de fruits d'abricot contribue à diminuer le risque de maladies cardiovasculaires [7] [8], de certains cancers et d'autres maladies chroniques, ainsi qu'au contrôle du diabète et de l'appétit, en plus de prévenir la constipation et de diminuer le risque de cancer du côlon du fait de sa richesse en fibres [9].

Introduction

Une grande partie de l'intérêt des recherches actuelles porte sur l'étude de molécules antioxydantes naturelles qui agissent comme piègeurs des radicaux libres. A cet effet et dans le cadre de la biotechnologie et la valorisation de quelques espèces médicinales en Algérie, on s'est orienté vers l'étude phytochimique et biologique (activité antioxydante) de *Prunus armeniaca* de la région de Bousfer, wilaya d'Oran, à l'ouest algérien. Le choix de cette plante a été dicté par un facteur important qui est la rareté des études phytochimiques sur cette espèce, et sa disponibilité partout en Algérie.

Dans la première partie de notre étude, nous présentons une mise au point bibliographique dont le premier chapitre est consacré à la phytothérapie et une description de la plante étudiée. Le second chapitre est un aperçu sur les composés phénoliques et le troisième est une généralité sur les radicaux libres et les molécules antioxydantes.

La deuxième partie porte sur la démarche expérimentale. On a commencé dans le premier chapitre par décrire le matériel et méthodes utilisées pour mener la présente étude, puis le deuxième chapitre qui rassemble l'ensemble des résultats présenté et discuté.

Références bibliographiques

- [1] **El Rhaffari L. et Zaid A. 2002.** Pratique de la phytothérapie dans le sud-est du Maroc (Tafilalet): Un savoir empirique pour une pharmacopée rénovée. Actes du 4e congrès européen d'ethnopharmacologie, pp 293-318 , Metz (France).
- [2] **Bahorun T. 1997.** Substances naturelles actives, La flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle. Food and agricultural research council, réduit, mauritius, vol 6, n°1, pp 83-94.
- [3] **Favier A. 2003.** Le stress oxydant Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique, L'actualité chimique, vol 65, n°6, pp 108-115.
- [4] **Koechlin-Ramonatxo C. 2006.** Oxygène, stress oxydant et suppléments antioxydantes ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires. Nutrition clinique et métabolisme, vol 20, n° 4, pp 165-177.
- [5] **Meddour A., Yahia M., Benkiki N. et Ayachi A. 2013.** Étude de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits d'un ensemble des parties de la fleur du *Capparis spinosa L.*, Lebanese Science Journal, jan ,vol 14, pp 49-60.
- [6] **Bahlouli F., Tiaiba A. et Slamani A. 2008.** Etude des différentes méthodes de séchage d'abricot, point sur les méthodes de séchage traditionnelles dans la région du Hodna, wilaya de M'Sila Revue des Energies Renouvelables SMSTS'08 Alger, vol 8, pp 61 – 66.
- [7] **Web master 1.** F.A.O. Productions agricoles, Cultures primaire. Banc des données statistiques, F.A.O. STAT, [http://:www.FAO.Org](http://www.FAO.Org), consulté le déc. 21, 2019.
- [8] **Lampe J-W. 1999.** Health Effects of Vegetables and Fruit: Assessing mechanisms of action in human experimental studies, American journal of clinical nutrition, vol 70, n° 3, pp 475–490.
- [9] **Marlett J-A., McBurney M-I. et Slavin J-L. 2002.** Position of the American dietetic association: Health implications of dietary fiber, Journal of American dietetic association, vol 102, n° 7, pp 993 – 1000.

Partie
Bibliographique

Chapitre 1

Phytothérapie et

Prunus armeniaca

I. Phytothérapie

Les plantes médicinales et les produits biologiques ; fruits, légumes, constituent un véritable trésor de santé, de dynamique et de beauté pour l'organisme de l'être humain. Ces produits naturels sont très demandés dans le monde, il est donc temps de multiplier nos efforts pour faire évoluer ce domaine de plantes médicinales et cultures biologiques par l'application des résultats de recherches scientifiques et des techniques appropriées de production, de protection, de conservation et d'exploitation rationnelle [1].

1. Définition

Le mot phytothérapie provient de deux mots grecs : « *Phyton* », plante et « *Therapein* », soigner ; et désigne l'usage de plantes ou de médicaments à base de plantes à des fins thérapeutiques. Les vertus curatives des plantes sont connues depuis les origines de l'homme [1].

La phytothérapie est l'un des éléments constitutifs de la médecine traditionnelle et ancestrale. Elle puise notamment ses origines dans la pharmacopée chinoise et indienne « *ayurvéda* ». L'usage des plantes pour soigner des maladies est également mentionné dans des textes sumériens datant du III^e millénaire [2].

La phytothérapie, autrement dit l'usage des plantes à des fins thérapeutiques, est une pratique ancestrale qui étudie l'utilisation des propriétés médicinales des plantes, c'est la médecine par les plantes. Selon l'OMS (Organisation Mondiale de Santé) elle est considérée comme une médecine alternative [2], et d'après la rousse médical français : elle fait partie de la médecine douce [1].

Il existe plusieurs formes traditionnelles qui permettent de profiter des différents vertus de ces plantes ; en inhalation, en décoction, en infusion ...etc [3].

2. Historique

L'utilisation des plantes pour se soigner n'est pas une technique récente. Dans toutes les civilisations de l'antiquité, pour des usages religieux, cosmétiques, mais aussi thérapeutiques.

Science très ancienne, la phytothérapie n'est pas propre à l'espèce humaine. En effet, nombreuses sont les espèces animales - des insectes aux chimpanzés - qui savent choisir dans leur habitat les plantes utiles pour corriger des carences alimentaires ou soigner certaines maladies. Ainsi, il est tout à fait vraisemblable que l'utilisation des plantes à des fins thérapeutiques par l'homme ne soit que l'évolution de savoirs animaux dont l'origine nous échappe encore.

Le premier recueil consacré aux plantes médicinales, le papyrus égyptien Ebers, que l'on fait remonter à 1500 av. J.-C., fait l'inventaire de plusieurs centaines de plantes. Au fil du temps, les médecins de l'Antiquité constituent une pharmacopée (un recueil de remèdes) relativement développée. Au travers de son ouvrage, de *materia medica* (Sur la matière médicale), qui recense environ 600 plantes, le médecin grec Dioscoride, au I^{er} siècle après J.-C., exerce une influence considérable sur la médecine occidentale. Cet ouvrage demeure l'une des principales références en Europe jusqu'à la fin du XVII^e siècle. Il est traduit en plusieurs langues. En 512, une version comportant les dessins des plantes citées fait de *materia medica* le premier herbier illustré.

Au Moyen Âge, les médecines d'inspiration gréco-latine ou arabe demeurent fidèles à l'usage des plantes. Des archéologues ont pu établir, à l'occasion de fouilles dans un hôpital monastique écossais du XI^e siècle, que les moines utilisaient des extraits de plantes comme le pavot ou le chanvre indien pour lutter contre la douleur.

Au XV^e siècle, l'invention de l'imprimerie transforme l'herboristerie européenne. Jusque-là, les pratiques médicales étaient transmises oralement, de génération en génération. Au cours des siècles suivants, les herbiers imprimés se multiplient et l'on voit apparaître des répertoires qui rendent l'usage des plantes accessible aux lettrés.

À partir du XVI^e siècle, l'introduction croissante de plantes médicinales d'origines lointaines telles que le thé, le café, le quinquina ou l'ipéca, conduit à un clivage entre les ruraux qui utilisent majoritairement les plantes locales et les riches bourgeois qui achètent des plantes d'origine étrangère prescrites par des médecins formés à l'université. Au XVIII^e siècle, environ 70 % des plantes médicinales disponibles chez les apothicaires sont importées. Avec le temps, cette herboristerie urbaine va évoluer vers la médecine telle que nous la connaissons [4].

Le XIX^e siècle marque une rupture. Les progrès en physique et en chimie permettent l'extraction et la mise en évidence des principes actifs de certains végétaux. On parvient ainsi à identifier de nombreuses molécules utilisées encore aujourd'hui : la morphine de l'opium du pavot, la colchicine du colchique, la théobromine du cacao, la coumarine du mélilot... etc. La découverte de la digitaline date de la même époque. En 1838, l'acide salicylique, précurseur chimique de l'aspirine (acide acétylsalicylique), est extrait du saule blanc. Il est synthétisé en laboratoire pour la première fois en 1860. À partir de cette date, la phytothérapie et les médicaments de synthèse suivent des voies différentes. L'aspirine est créée en Allemagne en 1899 à partir de la spirée (ou

reine-des-prés). Pour la première fois, la chimie améliore un composé naturel pour en augmenter l'efficacité. Dans la seconde moitié du XIXe siècle, ce processus se développe et la chimie pharmaceutique voit le jour [4].

Petit à petit, les chimistes réussissent à déterminer comment les substances extraites des plantes agissent sur l'organisme. Toujours vers 1860, des biologistes, dont Louis Pasteur, identifient les micro-organismes responsables de maladies infectieuses telles que le paludisme ou la tuberculose. Les plantes sont mises à contribution pour lutter contre les infections. La quinine, extraite de l'écorce de quinquina, se révèle relativement efficace pour soulager les crises de paludisme et sert à la synthèse d'autres substances contre cette maladie.

À mesure que les pays occidentaux développent des médicaments de synthèse permettant une guérison rapide dans la plupart des cas, la phytothérapie décline en Occident [4].

3. Recherche actuelle

Toutefois, si les progrès de la chimie permettent de produire de plus en plus facilement, par synthèse, les principes actifs isolés des plantes, ces dernières n'ont pas disparu pour autant de l'univers de la pharmacopée. Au contraire, elles en font désormais partie à double titre : d'une part à travers la phytothérapie proprement dite qui continue à utiliser la plante entière ou ses extraits ; d'autre part, en constituant une immense ressource pour la recherche pharmacologique et l'élaboration des médicaments de synthèse. C'est ainsi qu'aujourd'hui on continue à utiliser les molécules actives des plantes, parfois légèrement modifiées pour améliorer leur efficacité ou réduire leurs effets indésirables dans le traitement de nombreuses maladies [4].

On estime que plus de 500 000 espèces végétales poussent à la surface du globe, dont environ 250 000 sont actuellement répertoriées. Parmi ces dernières, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a établi une liste de plus de 22 000 plantes médicinales utilisées par les médecines traditionnelles. Toutefois, à peine 2 000 à 3 000 d'entre elles ont fait l'objet d'études scientifiques, chimiques ou pharmacologiques [4].

4. Plantes médicinales

La flore algérienne est très diversifiée, méditerranéenne, saharienne et une flore paléo tropicale estimée à plus de 3 000 espèces appartenant à plusieurs familles botaniques. Ces espèces sont pour la plupart spontanées avec un nombre non négligeable (15 %) d'espèces endémiques [5].

Les plantes médicinales (PM) présentent également une richesse dans cette flore où elles ont une activité pharmacologique qui conduit à des emplois thérapeutiques. Cela grâce à la présence d'un certain nombre de substances actives dont la plupart agissent sur l'organisme humain [5].

L'action d'une PM provient de ses composés qui diffèrent en fonction des espèces, donc il est indispensable de connaître la composition de la plante pour comprendre comment elle agit sur l'organisme [5].

Une plante médicinale est une plante utilisée pour ses propriétés thérapeutiques. Cela signifie qu'au moins une de ses parties (feuille, tige, racine etc..) peut être employée dans le but de se soigner. Elles sont utilisées depuis au moins 7 000 ans avant notre ère et sont à la base de la phytothérapie [2].

4.1. Éléments actifs des plantes médicinales

Le ou les principes actifs d'une plante médicinale sont des composants naturellement présents dans cette plante, ils lui confèrent son activité thérapeutique. Ces composants sont souvent en quantité extrêmement faible dans la plante : ils représentent à peine quelques pourcent du poids total de celle-ci, mais ce sont eux qui en sont l'élément essentiel.

Des principes actifs se trouvent dans toutes les parties de la plante, mais de manière inégale. Et tous les principes actifs d'une même plante n'ont pas les mêmes propriétés. Exemple type, l'oranger, ses fleurs sont sédatives, et son écorce est apéritive. Chez certaines plantes, seule une partie de la plante peut être utilisée [5].

4.2. Préparations et modes d'utilisation

La phytothérapie utilise la plante entière ou une partie de la plante (racines, feuilles, fruits) grâce à divers moyens d'extraction :

4.2.1. La Tisane

Les tisanes sont obtenues par macération, digestion, infusion ou décoction en utilisant de l'eau. On utilise généralement des plantes sèches.

- **L'infusion** : Elle consiste à verser sur la plante de l'eau bouillante, couvrir et laisser refroidir 2 à 15 minutes. Elle convient aux plantes fragiles (fleurs et feuilles)

- **La décoction** : Elle consiste à maintenir la drogue avec de l'eau à ébullition pendant une durée de 15 à 30 minutes. Elle convient aux plantes dures (écorces , racines, fruits et certaines feuilles).
- **La macération** : Il s'agit de maintenir la plante en contact avec l'eau (température ambiante) pendant 30 minutes à 4 heures et parfois plus (plusieurs jours).
- **La digestion** : On maintient la plante en contact avec l'eau (température inférieure à celle de l'ébullition, mais supérieure à la température ambiante) pendant 1 à 5 heures.

4.2.2. Bains d'herbes

Dans le bain, il suffit de verser dans l'eau de la baignoire, une infusion ou une décoction de plantes.

Il peut s'agir de bains complets ou de bains partiels. La préparation se fait en ajoutant à l'eau du bain : un infusé, un décocté ou un macéré.

- **Bain complet** : Il peut être tonique ou au contraire, calmant.
- **Bain partiel** : on distingue :
 - Le bain de siège, ou bain de la région ano-fessière, qui est indiqué dans le traitement des hémorroïdes et des fissures anales .
 - Le bain de pieds (pédiluve) et le bain de mains qui sont indiquées en cas de transpiration excessive des pieds ou des mains.

4.2.2.1. Au niveau des muqueuses

- **Gargarisme**

la médication, constituée d'un infusé ou d'un décocté aussi chaud que possible est utilisée pour se rincer l'arrière -bouche, la gorge, le pharynx, les amygdales et les muqueuses. Il sert à désinfecter ou à calmer, le gargarisme ne doit jamais être avalé.

- **Bain de bouche**

C'est l'infusé, le décocté ou le macéré utilisé dans les affections buccales (aphtes, par exemple).

- **Bain des yeux**

Il se pratique à l'aide d'une œillère remplie d'un infusé ou d'un décocté, il est indispensable de filtrer la solution avant usage.

4.2.3. Teintures

Elles sont obtenues à partir de poudres végétales sèches et leur titre alcoolique varie selon le type de drogue. Il peut être à 60° (principes actifs très solubles) jusqu'à 80°C (ex. Produits résineux et huiles volatiles).

4.2.4. Extraits

Les extraits sont obtenus en traitant la plante dans un solvant volatil (éther, eau, alcool...) par divers procédés d'extraction (macération, digestion, infusion) puis en évaporant ces solutions jusqu'à obtenir une consistance fluide, molle ou sèche. On les classe donc selon leurs consistances.

4.2.5. Cataplasmes

C'est une préparation assez pâteuse qui peut être appliquée sur la peau dans un but thérapeutique. La plante peut être broyée, hachée à chaud ou à froid ou mélangée à de la farine de lin pour obtenir la bonne consistance. Le cataplasme calme les douleurs musculaires et les névralgies, soulage les entorses et les fractures et permet d'extraire le pus des plaies infectées.

4.2.6. Onguents « Pommade »

Les onguents sont des préparations d'aspect crémeux, réalisées à base d'huiles ou de tout autre corps gras dans lesquelles les principes actifs des plantes sont dissous. Elles sont appliquées sur les plaies comme anti-inflammatoires. Les onguents sont efficaces contre les hémorroïdes ou les gerçures des levures.

4.2.7. Inhalation

Les inhalations ont pour effets de décongestionner les fosses nasales et de désinfecter les voies respiratoires. Elles sont utiles contre les catarrhes, les rhumes, la bronchite et quelque fois pour soulager les crises d'asthme. On fait souvent appel à des plantes aromatiques, dont les essences, en se mêlant à la vapeur d'eau, lui procurent leurs actions balsamique et antiseptique ; la méthode la plus simple est de verser de l'eau bouillante dans un large récipient en verre pyrex ou en émail contenant des plantes aromatiques finement hachées, ou lorsqu'il s'agit d'huiles essentielles d'y verser quelques gouttes [2].

II. *Prunus armeniaca*

1. Définition

L'Abricotier (arbre d'abricot), parfois appelé Abricotier commun (*Prunus armeniaca*), est un arbre fruitier appartenant au genre *Prunus* de la famille des Rosacées, il est cultivé pour son fruit, l'abricot [3].

2. Description

- C'est un Arbuste de 3-6 mètres, non épineux, à rameaux étalés ou ascendants.
- Feuilles à pétiole glanduleux, enroulées dans leur jeunesse, ovales en cœur, acuminées, doublement dentées, glabres, luisantes en dessus :
- Stipules caduques.
- Fleurs blanches ou lavées de rose, naissant avant les feuilles, solitaires ou géminées, subsessiles.
- Calice en cloche, à 5 lobes, caduc, 5 pétales, 15-30 étamines, 01 style et un ovaire libre.
- Drupe grosse, globuleuse, pubescente-veloutée, charnue-succulente, jaune ou lavée de rouge sur une face, indéhiscence.
- Noyau ovale-comprimé, lisse sur les faces, caréné et à 2 sillons sur un bord, obtenus sur l'autre, à 1-2 amandes amères.

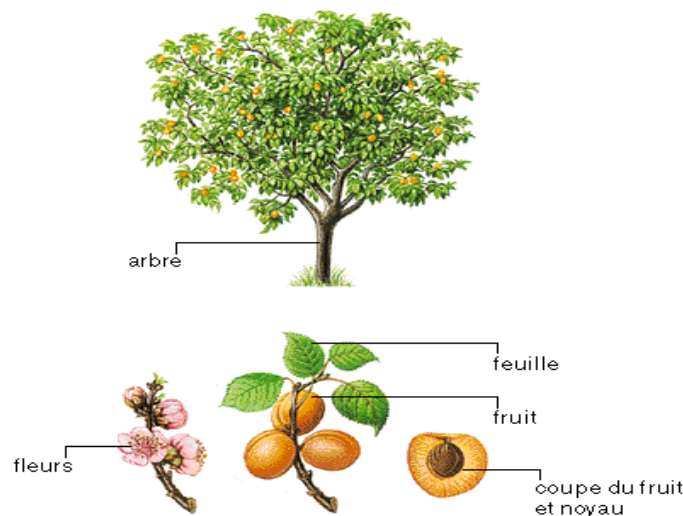


Figure 1 : Arbuste, feuilles, fleur, fruits et écorce de l'abricotier [6].

3. Systématique

Les botanistes ont dénombré plusieurs espèces d'abricotiers appartenant au genre *Prunus*, la plus part des variétés cultivées dérivent de *Prunus armeniaca* [7]. De point de vue systématique, l'abricotier est classé comme suit :

Règne : Plantae

Division : Magnoliophyta

Embranchement : Spermaphytes

Classe : Dicotylédone

Ordre : Rosales

Famille : Rosaceae

Sous genre : *Prunophora*

Genre : *Prunus*

Espèce : *Prunus armeniaca* .L [8].

4. Variétés connues de l'abricotier

Aujourd'hui, plusieurs variétés peuvent être proposées pour une période de production allant du début juin à la fin juillet.

-**Variétés précoces** : du 10 à 25 juin plusieurs variétés mûrissent à cette période .

-**Variétés de saisons** : du 25 juin à 15 juillet.

- **Variétés tardives** : après le 15 juillet [9].

5. Aspect thérapeutique de l'abricot

L'abricot représente une source remarquable de vitamines B1, B2, B3 qui confèrent une bonne action antianémique et provitamine A (ou carotène), qui se transforme dans l'organisme en vitamine A. Cette vitamine est nécessaire à la croissance, au bon état de la peau et des muqueuses, ainsi qu'à la vision crépusculaire. Elle possède une propriété antioxydante reconnue, et joue un rôle efficace dans la protection contre le cancer et le vieillissement cellulaire. Elle augmente également la résistance aux infections [6]. La richesse de l'abricot en vitamine C est essentielle pour la synthèse et le métabolisme du collagène, c'est une protéine structurale de nombreux tissus et qui joue un rôle primordiale dans la formation des os et des dents [10].

Les minéraux sont à privilégier chez ceux qui ont une activité musculaire élevée, en particulier les sportifs. L'abricot (frais ou séché) constitue pour eux un fruit très bien adapté à leurs besoins. Il contribue à la recharge minérale avant la compétition (recharge d'autant plus nécessaire que l'effort est intense, prolongé, et qu'il fait chaud); il s'intègre utilement à la ration de récupération [11].

- Le Potassium joue un rôle important dans le métabolisme cellulaire, la synthèse protéique et la glycogénèse [9].

- Le calcium joue un rôle important dans la coagulation sanguine, le maintien de l'excitabilité normale du corps, des muscles, des nerfs et dans la perméabilité cellulaire [12]. Le sodium est nécessaire à la coagulation du sang et intervient dans le métabolisme des enzymes et plusieurs hormones [12].

- Phosphore participe à l'activité nerveuse et musculaire .il influence l'équilibre acido-basique du sang, la glycémie et l'activité de certains enzymes.

6. Propriétés médicinales

L'abricotier est très utilisé en phytothérapie en raison de ses nombreuses vertus thérapeutiques. Il possède une propriété antioxydante (grâce à sa teneur en vitamines A et E), hydratante, assouplissante (il améliore l'élasticité de la peau), antidysentrique (il prévient les troubles digestifs) et tonifiante (il stimule les cellules du cerveau). Il est indiqué dans le traitement de l'anémie (il contient du fer et du cuivre), des affections cardiovasculaires, des œdèmes, des gastrites, de la diarrhée et de la constipation. L'abricotier renforce le système immunitaire et prévient l'ostéoporose chez les femmes ménopausées. Il contient du lycopène, un pigment qui contribue à lutter contre l'hypercholestérolémie et à prévenir certains cancers. En usage externe, on l'emploie pour adoucir la peau et la protéger contre les rayons UV [3].

7. Parties utilisées de *Prunus armeniaca*

Les parties utilisées sont : le fruit (frais ou séché), la pulpe du fruit, les feuilles et l'huile extraite du noyau.

7.1. fruit de la plante « Abricot »

L'abricot est bourré de vitamines. C'est, en effet, un fruit très énergétique. Il est consommé frais durant la saison estivale et sec pendant l'hiver.

L'abricot est une source de fibres. En plus de prévenir la constipation et de diminuer le risque de cancer du côlon, une alimentation riche en fibres peut contribuer à la prévention des maladies cardiovasculaires, ainsi qu'au contrôle du diabète de type 2 et de l'appétit [6].

7.2. Huile végétale du noyau d'abricot

L'extraction des amandes contenues dans les noyaux d'abricots produit une huile végétale très appréciée en cosmétique. Elle est fluide et jaune clair, son odeur est légère et rappelle celle de l'amande amère. Elle présente des propriétés très nourrissantes, rajeunissantes et revitalisantes. Elle est essentiellement indiquée afin de donner un coup d'éclat aux peaux sensibles, atones et fatiguées. Elle est également très employée pour prendre soin de la peau des enfants (figure 02).



Figure 02 : Huile végétale d'abricot [13].

8. Production d'abricot

8.1. Production mondiale d'abricot

La culture de l'abricotier s'est développée autour du bassin méditerranéen et en Asie centrale. Aujourd'hui encore, c'est dans ce périmètre que se situent les principaux pays producteurs. Nous trouvons ailleurs quelques bassins secondaires, dont les plus importants sont les USA, la Chine et l'Afrique du Sud [14].

La production mondiale d'abricots est passée de 1 987 417 tonnes en 1984 à 2 782 589 tonnes en 2004 et 2 821 223 tonnes en 2005 [15], elle se développe à un rythme modéré ta augmenté de 29,6 % en 20 ans (1984/2005), soit en moyenne 1,4% par an. L'abricot est classé 20 ème fruit cultivé en terme de volume [16], La production est concentrée dans les zones à climat tempéré plutôt continental et chaud. Le pourtour du bassin méditerranéen est prédominant où près de 80% de la production mondiale (moyenne de 12 ans: 1994/2005) provienne d'Europe du Sud, du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord. La Turquie est le premier pays producteur d'abricots, elle fournit près de 13 % de la production mondiale, alors que l'Iran et l'Italie occupent la deuxième et la troisième place mondiale avec des tonnages représentant respectivement 10 et 8,5 % [15].

En Afrique, la deuxième et la troisième place reviennent au Maroc et à l'Afrique du Sud ave des tonnages représentant respectivement 21,5 % et 20,8 % de la production africaine [15].

8.2. Production locale « en Algérie »

L'Algérie, avec une production, en 2005 de 100000 tonnes, qui correspond à 3.5 % de la production mondiale, occupe la huitième place mondiale. Elle occupe la première place avec 25 % de la production africaine. Malgré cette situation qui paraît favorable, la production algérienne d'abricots demeure très faible et encore loin d'atteindre celle enregistrée dans certains pays du monde. La production nationale d'abricots se caractérise par une fluctuation d'une année à une autre. Celle-ci oscille moyennement entre 35000 et 70000 tonnes par an. Depuis l'avènement du programme national de développement agricole (PNDA) la production est passée de 67000 tonnes en 2001 à 100000 tonnes en 2005, ce qui correspond à une augmentation de 33 % [17].

Références bibliographiques

- [1] **Web master 2.** Phytothérapie définition larousse - Recherche Google . <https://www.google.dz>, consulté le déc. 21, 2019.
- [2] **Florine B., Paul G. 2014.** Phytothérapie et ondomologie. Ed : CD. Québec, pp204.
- [3] **Jörg G., Christof J. 2006.** Guide de la phytothérapie. Ed : Marabout. pp416.
- [4] **Web master 3.** Eureka Santé par VIDAL . Eureka Santé. <https://eukekasante.vidal.fr/parapharmacie/bon-usage-phytotherapie-plantes/origines-phytotherapie.html>, consulté le mars 07, 2020.
- [5] **Jan V., František ., Jiri S. 1983.** Plantes médicinales, Paris, Ed : Gründ, pp 319.
- [6] **Web master 4.** <http://domenicus.malleotus.free.fr/v/abricotier-commun.htm?reload-coo>, consulté le mars 07, 2020.
- [7] **Gautier M. 1987.** La culture fruitière. L'arbre fruitier . Ed : Tec et Doc. laviosier, vol 1, pp 481.
- [8] **Climent J-L. 1981.** Larousse agricole. Ed : Masson, Paris, pp 800.
- [9] **Apfelbaum M., Perlmutter L., Nillus R ., Forra C . et Beged M. 1981.** Dictionnaire pratique du diététique et de nutrition .Ed : Masson, Paris, pp 726.
- [10] **Tremolier J., Serville Y., Jacquot R. et Dupin H. 1984.** Manuel d'alimentation humaine. Ed : ESF. vol 1, pp 1070.
- [11] **Web master 5.** http://monbelabricot.com/page_id=35, consulté le déc. 21, 2019.
- [12] **Routh J. 1979.** Introduction à la biochimie. Ed : HRW ltée. Montréal. pp323.
- [13] **Web master 6.** .Abricotier et noyaux d'abricot. vertus médicinales et usages . <https://www.bio-enligne.com/produits/407-abricotier.html> ,consulté le sept. 01, 2019.
- [14] **Lichou J., Albagnac G., et Audergon J-M. 1998.** Abricot, les variétés, mode d'emploi, Ed : Centre technique interprofessionnel des fruits et des légumes CTIFL,pp254.
- [15] **Web master 7.** F.A.O. Productions agricoles, Cultures primaire. Banc des données statistiques, F.A.O. STAT, <http://www.FAO.Org>, consulté le déc. 21, 2019.
- [16] **Grimplet J.2004.** Génomique fonctionnelle et marqueurs de qualité chez l'abricot. Thèse de doctorat, Option qualité et sécurité des aliments, École doctorale ,Toulouse.
- [17] **Ben seghir A. 2006.** Contribution à l'étude de l'état nutritionnel par la méthode du diagnostic foliaire de trois variétés d'abricotier (*Prunus armeniaca L.*) en zone aride (commune de Doucen - w), Mémoire d'ingénieur, Université de Mohamed Kheidar, Biskra.

Chapitre 2

Composés phénoliques

Composés phénoliques

Les polyphénols ou composés phénoliques, sont des molécules spécifiques du règne végétal. Cette appellation générique désigne un vaste ensemble de substances aux structures variées qu'il est difficile de définir simplement [1]. À l'heure actuelle, plus de 8000 molécules ont été isolées et identifiées [2]. Selon leurs caractéristiques structurales, ils se répartissent en une dizaine de classes chimiques, qui présentent toutes un point commun : la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles (OH) [3].

Ces espèces sont des monomères, des polymères ou des complexes dont la masse moléculaire peut atteindre 9000 [4].

Ils sont divisés en plusieurs catégories : anthocyanes, coumarines, lignanes, flavonoïdes, tannins, quinones, acides phénols, xanthones. La grande diversité structurale des composés phénoliques rend difficile une présentation globale des méthodes qui permettent leur extraction et leur isolement, les polyphénols sont présents partout dans les racines, les tiges, les fleurs, les feuilles de différents végétaux. Les principales sources alimentaires sont les fruits et les légumes, les boissons (thé, café, jus de fruits), les céréales, les graines oléagineuses et les légumes secs. Les fruits et légumes contribuent environ la moitié à notre apport en polyphénols [5].

1. Biosynthèse des polyphénols

Ils résultent biogénétiquement de deux voies synthétiques principales:

1.1. Voie du shikimate

La voie de l'acide shikimique est à l'origine de la formation de la phénylalanine et de la tyrosine et la désamination de ces acides amines conduit aux acides hydroxycinnamiques dont les esters CoA sont à leur tour à l'origine de la plupart des classes de composés phénoliques. Le principal mode de la formation du noyau aromatique (cyclogénèse) emprunte l'acide shikimique (acide en C6-C1) lequel donne naissance à l'acide phénylpyruvique (acide en C6- C3). Elle débute par la condensation de l'acide phosphoénolpyruvique avec l'érythrothrophosphate. Les réactions suivantes (Figures 03) conduisent à la formation de l'acide shikimique et de chorismate [6].

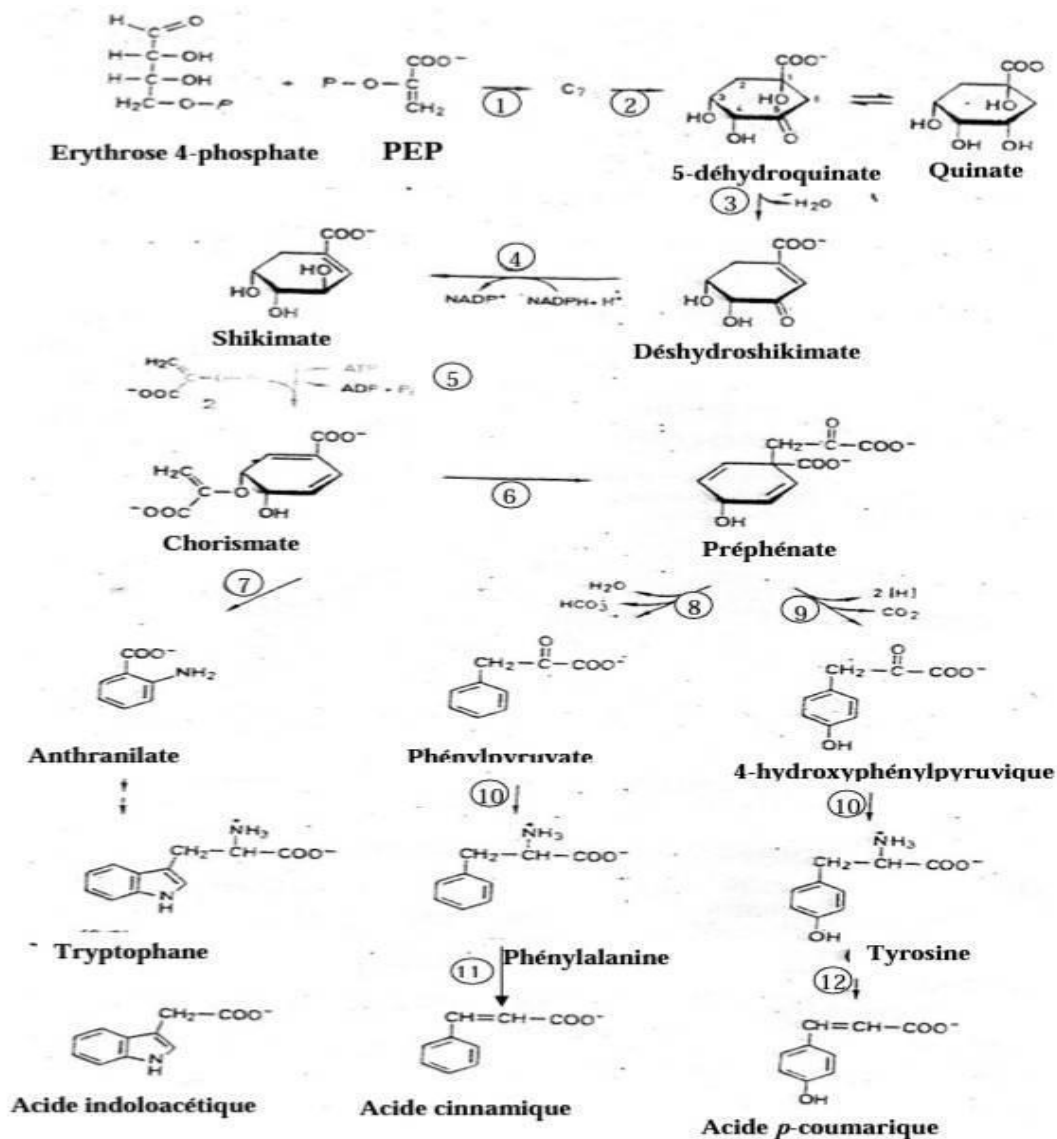


Figure 03 : Formation de composés phénoliques via la voie de l'acide shikimique [6].

1- aldolase,3-désoxy-D arabinoheptulosonate 7 phosphate synthase ou DHAP synthase 2-déshydroquinat synthase ; 3- déshydroquinat déshydratase ; 4-shikimate déshydrogenase ; 5-complexe shikimate kinase ; 6-chorismate kinase ; 7-anthralinate synthase ; 8-préphénate déshydratse ; 9-préphénate déshydrogénase ; 10-aminotransférases ; 11-phénylalanine ammonia-lyase ; 12- tyrosine ammonia-lyase

1.2. Voie acétate-malonate

Une seconde voie de biosynthèse, consiste à réaliser non plus un seul noyau benzénique, mais un ensemble de noyaux aromatiques par cyclisation de chaînes polycétoniques, elles mêmes obtenues par condensation de groupements acétate. Par exemple, l'éléuthérinol, une chromone provient de la condensation de groupements acétates (Figure 04) [7].

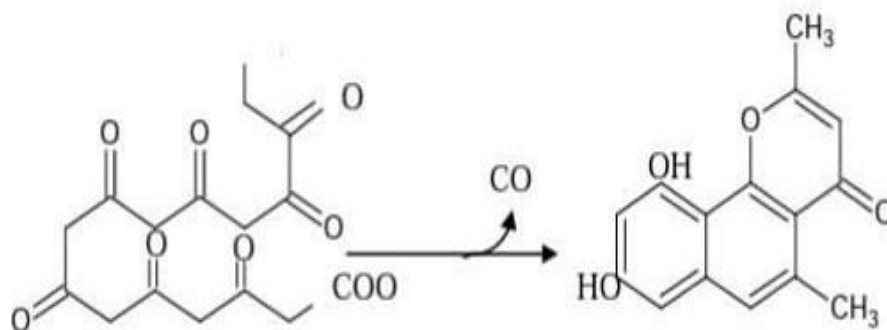


Figure 04 : La Voie acétate-malonate [7].

2. Structure des polyphénols

Les composés phénoliques regroupent un vaste ensemble de substances chimiques comprenant au moins un noyau aromatique, auquel sont directement liés un ou plusieurs groupes hydroxyles, libres ou engagés dans une autre fonction chimique (éther, méthylique, ester, sucre...) [1]. Les polyphénols naturels vont de molécules simples, comme les acides phénoliques, à des composés hautement polymérisés comme les tanins.

3. Classes des polyphénols

Les polyphénols forment un très vaste ensemble de substances chimiques, ils peuvent être classifiés selon le nombre et l'arrangement de leurs atomes de carbones (Tableau 01). Ces molécules sont généralement trouvées conjuguées aux sucres et aux acides organiques.

Tableau 01 : Structure des squelettes des polyphénols [8].

Nombre de carbones	Squelette	Classification	Exemple
6	C ₆	Phénols simples	Catéchol
7	C ₆ -C ₁	Acidesphénolique	Acidegallique
8	C ₆ -C ₂	Acétophénones	Gallacetophénones
8	C ₆ -C ₂	Acidesphénylacétique	Acidehydroxyphényl-acétique
9	C ₆ -C ₃	Acideshydroxycinamiques	Acide p-coumarique
9	C ₆ -C ₃	Coumarines	Esculitine
10	C ₆ -C ₄	Naphtoquinones	Juglone
13	C ₆ -C ₁ -C ₆	Xanthones	Xanthone
14	C ₆ -C ₂ -C ₆	Stilbènes	Resveratrol
15	C ₆ -C ₃ -C ₆	Flavonoïdes	Quercetine

3.1. Acides phénoliques et les coumarines

Les acides phénoliques sont présents dans un certain nombre de plantes agricoles et médicinales [9]. Ils sont formés d'un squelette à sept atomes de carbone.

3.1.1. Acides benzoïques : Ils sont principalement représentés par les acides p-hydroxy benzoïques, protocatéchiques, vanilliques, galliques, cyringiques, salicyliques, hydroxybenzoïques et gentisiques [10].

3.1.2. Acides cinnamiques : Ces acides possèdent une structure du type C₆-C₃. Les composés les plus fréquents sont l'acide p-coumarique, l'acide caféique, l'acide fertarique et l'acide sinapique [10].

3.1.3. Coumarines : On peut considérer que les différentes coumarines dérivent des acides cinnamiques ortho-hydroxylés, de même que la coumarine elle-même dérivée de l'acide o-coumarique. Les coumarines les plus fréquentes sont l'umbelliférone ou ombelliférone,

l'aesculétine, la scopolétine, dont les substitutions correspondent, respectivement, aux acides : p-coumarique, caféique et férulique, également la fraxétine et la daphnétin [10].

3.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des substances généralement colorées répandues chez les végétaux; on les trouve dissoutes dans la vacuole à l'état d'hétérosides ou comme constituants de plastides particuliers, les chromoplastes [11]. Ils ont une très large gamme de composés naturels et sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs: racines, tiges, feuilles, fleurs, pollens, fruits, graines, bois. Leur fonction principale semble être la coloration des plantes [12].

3.2.1. Structure des flavonoïdes

Les flavonoïdes ont une origine biosynthétique commune et ils possèdent tous un même squelette de base à quinze atomes de carbone constitué de deux unités aromatiques, de cycle en C₆ (A et B), reliés par une chaîne en C₃(C) (figure 05) [13].

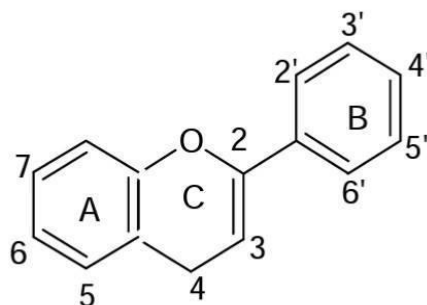


Figure 05 : Squelette de base des flavonoïdes [14].

3.2.2. Classification des flavonoïdes

Structuralement, les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes de molécules selon le degré d'oxydation et la nature des substituant portés sur le cycle B [15], 6 groupes différents ont été identifiés et qui sont particulièrement les plus répandus et les mieux caractérisés : flavanones, flavones, flavanonols, flavonols, flavan-3-ols, isoflavones (figure 06) [16].

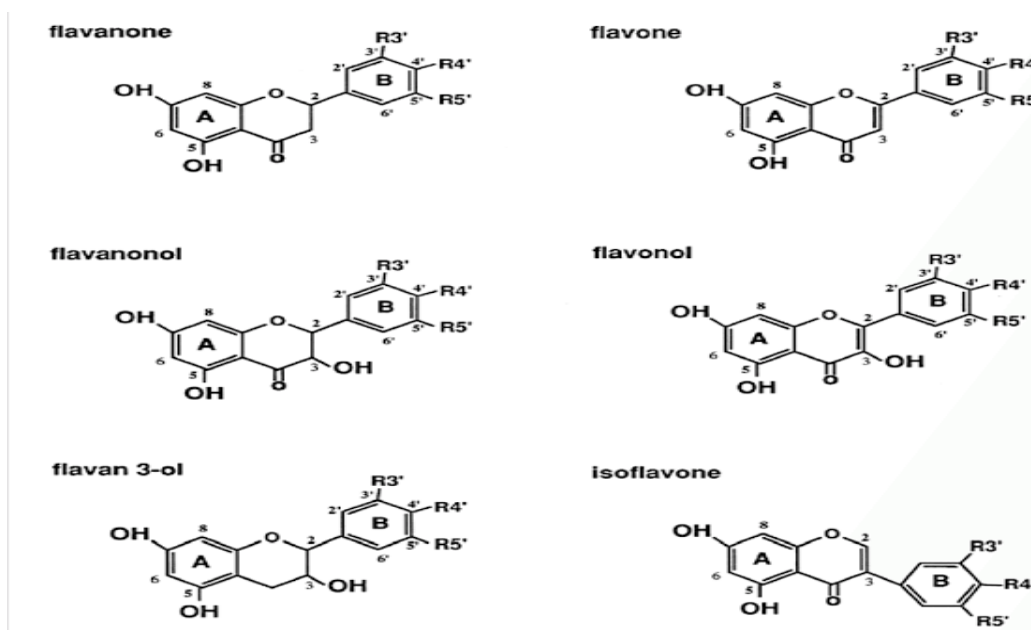


Figure 06 : Principales classes de flavonoïdes [17].

3.3. Autres composés phénoliques

3.3.1. Anthocyanosides

Les anthocyanosides sont des dérivés du flavylum ou 2-phényl-benzopyrylium. Ils portent des fonctions phénols libres, éthers ou glycosides. Ce sont des pigments existant sous forme d'hétérosides stables et hydrosolubles responsables de la coloration rouge, rose, mauve, pourpre, bleue ou violette de la plupart des fleurs et des fruits. Ils sont répandus dans plusieurs fruits comme les abricots et ils sont rencontrés dans les légumes comme les racines de la betterave et dans les boissons comme les jus de fruits [18].

3.3.2. Tannins

Les tannins sont des métabolites secondaires présents dans de nombreuses plantes ligneuses et herbacées (figure 07). Ils sont localisés dans les différents organes: tiges, feuilles, fruits ou graines et sont facilement libérés [19]. Les propriétés chimiques des tannins sont liées à leur constitution. Ainsi, ils donnent toutes les réactions des phénols : solubilité dans l'eau, coloration par les sels de fer, oxydation par le permanganate à froid [20]. Les tannins sont des molécules s'intégrant dans la défense des végétaux, ils sont divisés en tannins hydrolysables et tannins condensés, dits aussi : proanthocyanidines [21].

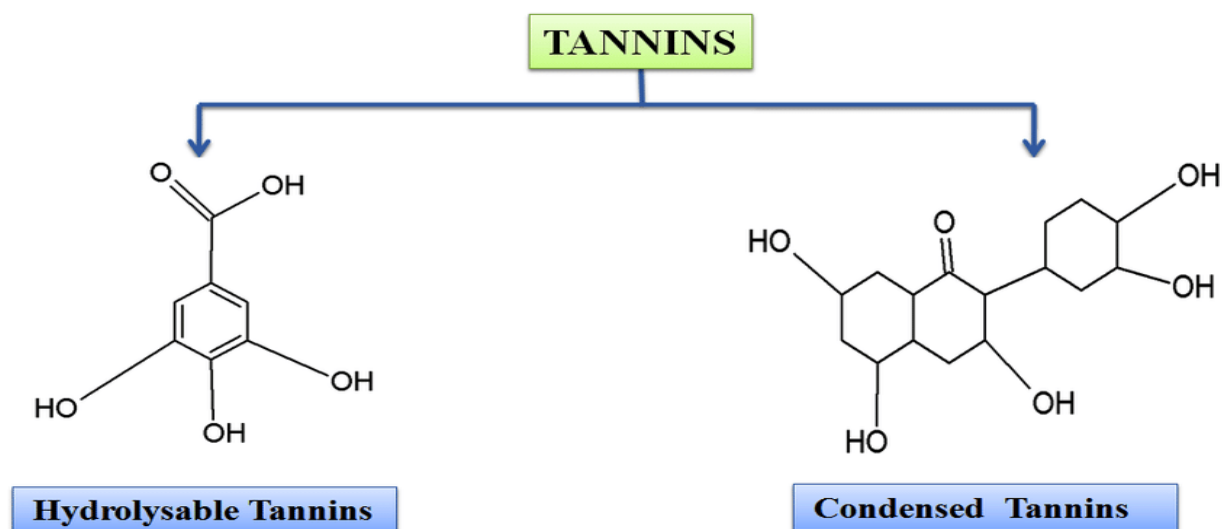


Figure 07 : Structures des tannins condensés et hydrolysables [22].

4. Composition phénolique de *Prunus armeniaca*

L'abricot contient de nombreux composés phénoliques qui lui confèrent son activité antioxydante. On trouve principalement des acides phénols (11,34 mg/100 g de matière fraîche, l'acide gallique, acide caféïque, acide linoléique, l'acide palmitique, sinapique, férulique, p-coumarique et des acides chlorogéniques), des flavonoïdes(2-phenyl-benzo- γ -pyran, l'estrone, flavanols (ou catéchines), et des anthocyanidols [23].

Les anthocyanosides sont des pigments naturels responsables de la coloration rouge-pourpre des fruits. Pour l'abricot, sa couleur résulte aussi de la participation de caroténoïdes (bêta-carotène, phytofluène et phytoène) [23].

Références bibliographiques

- [1] **Bruneton J. 1993.** Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes médicinales. 2ème édition, Ed : Tec et Doc. E M inter, pp 241.
- [2] **Mompon B., Lemaire B., Mengal P., et Surbled M. 1993.** Extraction des polyphénols : du laboratoire à la production industrielle. Ed : INRA, Paris (les Colloques, n° 87).
- [3] **Hennebelle T., Sahpaz S., et Bailleul F. 2004.** Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. Phytothérapie, vol 1, pp 3-6.
- [4] **Harbone J-B. 1993.** Introduction to Ecological Biochemistry, 4th Ed : Academic Press: London, pp 384.
- [5] **Middleton E., Kandaswami C. et Theoharides T-C. 2000.** The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease and cancer. Pharmacol Rev, vol 52, pp 673-839.
- [6] **Richter G. 1993.** Métabolisme des végétaux : Physiologie et biochimie. Edition Presses Polytechniques et Universitaires Romandes , pp 318-338.
- [7] **Guignard, J-L. 1996.** Biochimie végétale. Ed : Masson, Paris, pp 255 .
- [8] **Crozier A., Clifford M-N., Ashihara H. 2006.** Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure and Role in the Human Diet. Ed: Blackwell Publishing Ltd, vol 6, n°3, pp 208-302.
- [9] **Psoтова J., Lasovsky J. et Vicar J. 2003.** Metal chelating properties, electrochemical behavior, scavenging and cytoprotective activities of six natural phenolic. Biomed.Papers , vol 142, pp 174-153 .
- [10] **Ribereau G-P. 1968.** Les composés phénoliques des végétaux. Dunod, paris, pp 254 .
- [11] **Gàbor M., Cody V., Middleton E-J., Harborne J-B., Beretz A., et Liss A. 1988.** Plants Flavonoids in biology and Medecine II; Biochemical, Cellular and Medecinal properties. New York, pp 461.
- [12] **Bruneton B., 1999.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, 3ème édition, Ed: Lavoisier, Paris , pp 1120.
- [13] **Guignard J-L. 1996.** Biochimie végétale. Ed : Masson, Paris, pp 282 .
- [14] **Pietta P-G. 2000.** Flavonoids as antioxidants. Journal of natural products, vol 63, pp 1035-1042.

- [15] **Heim, E-K., Tagliaferro A-R. et Bobilya, D-J. 2002.** Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, vol 13, pp 572-584.
- [16] **Guignard J-L. 2000.** *Biochimie végétale*, Ed : Dunod, . Paris, pp 272.
- [18] **Dragsted L., Strube M., et Leth T. 1997.** Dietary levels of plant phenols and other non-nutritive components: could they prevent cancer. *European journal of cancer prevention*, vol 6, n°6, pp 522-528.
- [19] **Leinmüller E., Steingass H., et Menke K-H. 1991.** Tannins in ruminant feedstuffs. *biannual Collection of recent German contributions concerning development through animal research*, vol 33, pp 9-62.
- [20] **Doat J. 1978.** Les tanins dans les bois tropicaux. *Division cellulaire et de chimie centre technique foreslier Tropical*, vol 182, pp 37-54.
- [21] **Scelbert A. et Haslam T. 1987.** Polyphenols and chemical defence of the leaves of *Quecusrobus*. *Phytochemistry*, vol 26, pp 3191-3195.
- [22] **Web Master 8.** Types of tannins and their basic structures Tannins (figure) , ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Figure1-Types-of-tannins-and-their-basic-structures-Tannins-in-therapeutics-Researchers_fig1_277029056, consulté le juin 05, 2020.
- [23] **Macheix J-J., Fleuriet A., et Jay-Allemand C. 2005.** Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. *PPUR presses polytechniques*, Ed :Presses polytechniques romandes, pp 202.

Chapitre 3

Radicaux libres et

molécules antioxydantes

1. Radicaux libres

1.1. Définition des radicaux libres

Un radical libre est un atome ou une molécule qui porte sur sa couche électronique périphérique un ou plusieurs électrons non appariés, c'est-à-dire non couplés à un électron de spin opposé. Cela entraîne une très haute réactivité chimique avec les éléments voisins (figure 08) [1] [2].

Les espèces radicalaires sont électrophiles et vont chercher à arracher un électron à une molécule voisine afin d'apparier leur électron célibataire. Cet état est donc seulement transitoire, de l'ordre de la microseconde [3], car le radical va soit accepter un autre électron, soit transférer le ou les électrons libres sur une autre molécule (lipide, protéine, acide nucléique) afin de rapparier son ou ses électrons célibataires et d'obtenir ainsi un état plus stable [4]. Il s'agit donc d'un intermédiaire de réaction. Cela va entraîner une réaction en chaîne qui va produire de nouveaux radicaux libres, car la molécule agressée par le radical libre devient à son tour radicalaire.

Les radicaux libres sont indispensables à la vie, car ils participent à de nombreuses fonctions physiologiques lors de la croissance ou de la défense de l'organisme. En effet, ils participent au fonctionnement de certaines enzymes, à la transduction de signaux cellulaires, à la défense immunitaire contre les agents pathogènes, à l'apoptose des cellules tumorales, au cycle cellulaire, au fonctionnement de certains neurones et notamment ceux de la mémoire, à la fécondation de l'ovule et à la régulation des gènes [5].

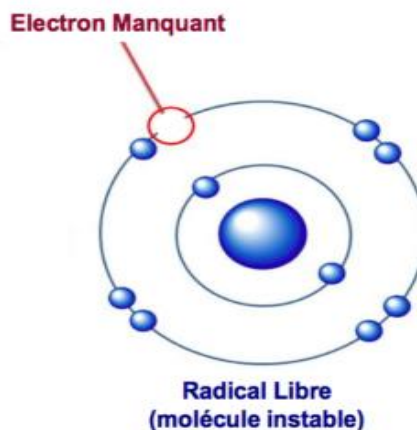


Figure 08 : Structure d'un radical libre [6].

1.2. Sources des radicaux libres

La première source des radicaux libres est notamment naturelle (dans le corps humain), il y'a des radicaux libres qui se forment à chaque fois que nos cellules utilisent de l'oxygène, ils sont aussi produits au cours des processus inflammatoires, stress chronique, et aussi suite à un taux trop élevé de sucre sanguin.

La deuxième source est externe, des radicaux libres apparaissent par exemple lorsqu'on s'expose au soleil, lorsqu'on avale des légumes traités par des pesticides, lorsqu'on fume...etc (figures 09) [7].

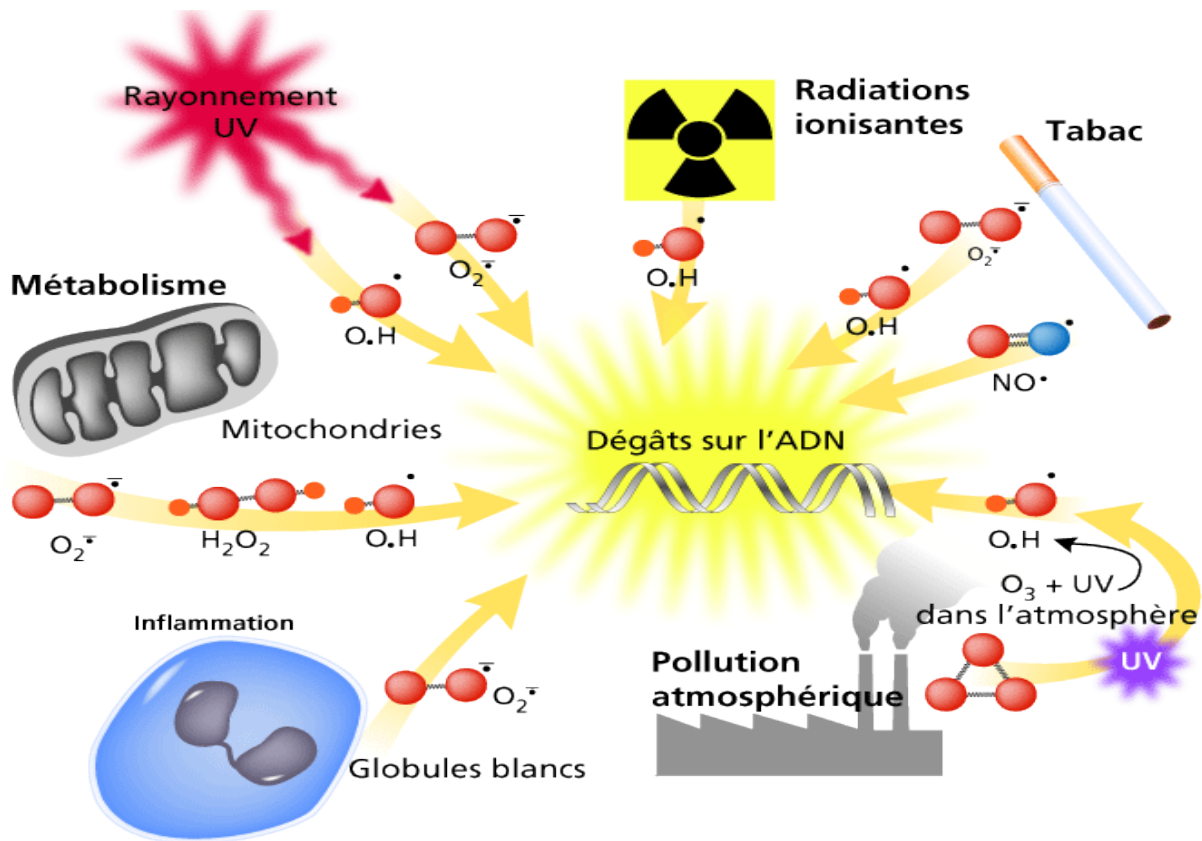
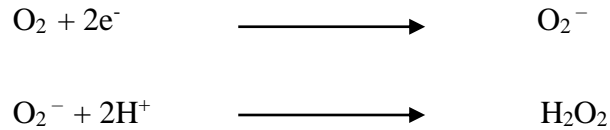


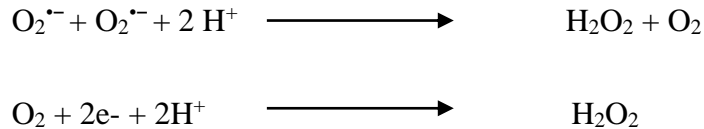
Figure 09 : Les différents sources des radicaux libres [8].

1.3.Exemples de radicaux libres

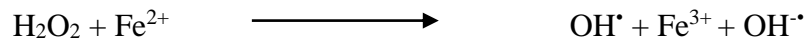
- **Radical superoxyde (O_2^\bullet)** : L'anion superoxyde est le produit de la réduction monovalente de l'oxygène moléculaire [4]. Avec l'apport d'un autre électron, il devient un ion peroxyde O_2^- , avec l'ajout de deux ions hydrogène ($2H^+$) il produit le peroxyde d'hydrogène H_2O_2 [9].



- **Peroxyde d'hydrogène (H_2O_2)** : Le peroxyde d'hydrogène est généré soit par dismutation du radical superoxyde (réduction univalente de l'anion superoxyde) ou par réduction bi électronique de l'oxygène [9].



- **Radical hydroxyle (OH^\bullet)** : Le soleil émet plusieurs types de rayons, dont ceux appelés gamma. Si ces rayons ne sont pas arrêtés par la couche d'ozone, ils cassent les molécules d'eau du corps pour donner le radical hydroxyle. En présence de fer ou de cuivre, le peroxyde d'hydrogène peut également donner naissance à ce radical [9].



2. Antioxydants

2.1. Définition des antioxydants

Les antioxydants sont des substances présentes dans nos corps ou dans de nombreux aliments tels que les fruits, les légumes, les plantes ... etc, qui inhibent ou ralentissent l'oxydation d'un substrat [10]. Ils sont présents sous de nombreuses formes et peuvent intervenir en prévention de la formation des radicaux libres, aussi bien que pour participer à leur élimination (antioxydants primaires et secondaires).

Il existe deux classes d'antioxydants : les endogènes et les exogènes. Les antioxydants endogènes sont principalement les enzymes superoxyde dismutase, catalase et glutathion peroxydase dont les mécanismes sont développés plus haut. La deuxième partie permet d'appréhender les antioxydants exogènes qui sont, par définition, apportés de l'extérieur par exemple par l'alimentation.

2.1.1. Antioxydants endogènes

2.1.1.1. Antioxydants enzymatiques

Les enzymes primaires sont : catalase, glutathion peroxydase, superoxyde dismutase, glutathion s-transferase, et les enzymes secondaires : Glutathion réductase, Glutathion-6-phosphate-deshydrogénase [11].

2.1.1.2. Antioxydants non enzymatiques

Bilirubine, Transferrine, Albumine, Coenzyme Q10, Acide urique et Thiols (glutathion réduit) qui sont des enzymes obtenus à partir de sources alimentaires [11].

2.1.2. Antioxydants exogènes

Vitamines (A, C, E, K), Minéraux (zinc, sélénium), Métaux (cuivre, manganèse), Polyphénols végétaux (flavonoïdes, acides phénoliques, tanins) [11].

2.2. Classification des antioxydants

2.2.1. Classification des antioxydants selon leur nature chimique dans les aliments

2.2.1.1. Antioxydants synthétiques

Les antioxydants synthétiques sont généralement préparés en laboratoire, et principalement à partir de composants chimiques. Il existe de nombreux antioxydants synthétiques dont les squelettes sont souvent dérivés des antioxydants naturels [12]. Dans l'industrie alimentaire, l'ajout d'antioxydants naturels dans les aliments est une technique complètement nouvelle. Depuis à peu près 1980, les antioxydants naturels sont apparus comme alternative aux antioxydants, ils sont aujourd'hui généralement préférés par les consommateurs [13]. Pour une utilisation pratique, les antioxydants doivent remplir les conditions suivantes : Ils ne doivent pas être toxiques, ils doivent être hautement actifs à des faibles concentrations (0.01 - 0.02 %) et doivent être présents à la surface ou dans la phase grasse de l'aliment [14].

2.2.1.2. Antioxydants synergiques

Les antioxydants synergiques sont des composants qui sont faiblement actifs dont les propriétés apparaissent en présence des autres antioxydants. C'est le cas ainsi des lécithines, des acides citrique et tartrique, des acides aminés et de certains flavonoïdes.

Leurs propriétés peuvent s'expliquer par un effet chélatant de métaux comme le cuivre ou le fer, dont on connaît bien l'effet pro-oxydant à faible dose. Mais, il y a aussi d'autres explications, car plusieurs de ces produits sont d'assez mauvais chélatant. Certains produits ont un effet inhibiteur de la décomposition des hydroperoxydes, et d'autres semblent régénérer des antioxydants, comme les tocophérols ou les dérivés de l'acide ascorbique à partir de leurs formes oxydées [15].

2.2.1.3. Antioxydants naturels

Les antioxydants sont présents naturellement dans presque toutes les plantes, tous les micro-organismes, les champignons et même dans les tissus des animaux. La vitamine E, les flavonoïdes et autres composés des végétaux sont les antioxydants les plus importants parmi les antioxydants naturels [13].

2.2.2. Classification des antioxydants selon leurs mécanismes d'action

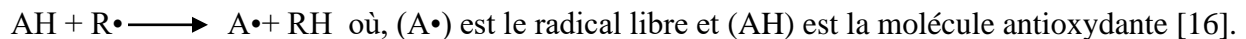
Il y a deux types de retardation de la réaction d'oxydation :

- La première : c'est d'intercepter les radicaux libres responsables de la réaction en chaîne.
- La deuxième : c'est d'éviter la décomposition des hydroperoxydes dans les radicaux libres.

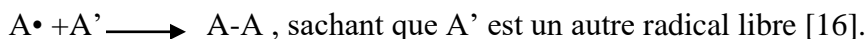
Ces deux options sont la base de classification des antioxydants sous deux formes primaires et secondaires selon leur mécanisme d'action [16].

2.2.2.1. Antioxydants primaires « radicalaires vrais »

Les antioxydants primaires permettent l'interruption de la chaîne auto catalytique :



La molécule AH est un antioxydant si le radical formé A• est plus stable. La stabilité du A• peut s'expliquer par sa transformation en composés non radicalaires selon la réaction suivante :



2.2.2. Antioxydants secondaires « préventifs »

L'inhibition de la production des radicaux libres est provoquée par des antioxydants secondaires qui sont des substances qui décomposent les hydroperoxydes en alcool, comme les thiols (glutathion, acides aminés soufrés) ou les disulfures, des chélatant des métaux promoteurs d'oxydation type fer et cuivre, comme l'acide citrique et les lécithines, des protecteurs vis-à-vis des UV, comme les carotènes ou aussi de séquestrant d'oxygène comme l'acide ascorbique [16].

2.3. La Toxicité des antioxydants

Les antioxydants sont des molécules en général faiblement toxiques. Pourtant, pour certains d'entre eux, leur utilisation à forte dose n'est pas dénuée de danger. Par exemple, peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), de l'acide hypochloreux ($HOCl$), de l'hydroxyle ($\cdot OH$), des anionssuperoxyde ($O^{\cdot-2}$), du peroxyde ($ROO\cdot$) et de l'oxyde nitrique ($NO\cdot$) [24]. à l'origine de radicaux libres, et peut ainsi contribuer à la phase de propagation des réactions radicalaires survenant dans la peroxydation lipidique. Ce rôle pro oxydant de l'á-tocophérol en tant qu'initiateur des réactions radicalaires n'est néanmoins possible que si le radical á-tocophéryl est présent en forte concentration dans les membranes et que la vitamine C n'assure pas sa régénération [17].

3. Stress oxydatif

La perturbation de l'équilibre endogène entre radicaux libres et antioxydants de courte ou longue durée provoque des effets délétères, nommés stress oxydatif [18]. Le stress oxydatif (ou oxydant) a été défini par Sies (1997) comme une perturbation de la balance entre les prooxydants et les antioxydants, en faveur des premiers, conduisant à des dommages potentiels. Il est la conséquence de la diminution du niveau des antioxydants et/ou l'augmentation de la production d'espèces réactives à l'oxygène (ERO). Le paradoxe des radicaux libres en biologie est qu'ils constituent des espèces extrêmement dangereuses susceptibles d'engendrer un nombre considérable de maladies, tout en étant des espèces indispensables à la vie. Ils remplissent en effet de très nombreuses fonctions utiles qui, à part la phagocytose, les radicaux libres participent au fonctionnement de certaines enzymes, à la défense immunitaire contre les agents pathogènes, la destruction des cellules tumorales, la différenciation cellulaire [5], la régulation des muscles

lisses des gros vaisseaux sanguins [19], et dysfonctions biologiques tels la vasodilatation, la prolifération ou le message entre neurones [20].

4. Mécanismes d'action des antioxydants

Les mécanismes d'action des antioxydants sont divers, incluant le captage de l'oxygène singulier, la désactivation des radicaux par réaction d'addition covalente, la réduction de radicaux ou de peroxydes, la chélation des métaux de transition (figure 10) [21].

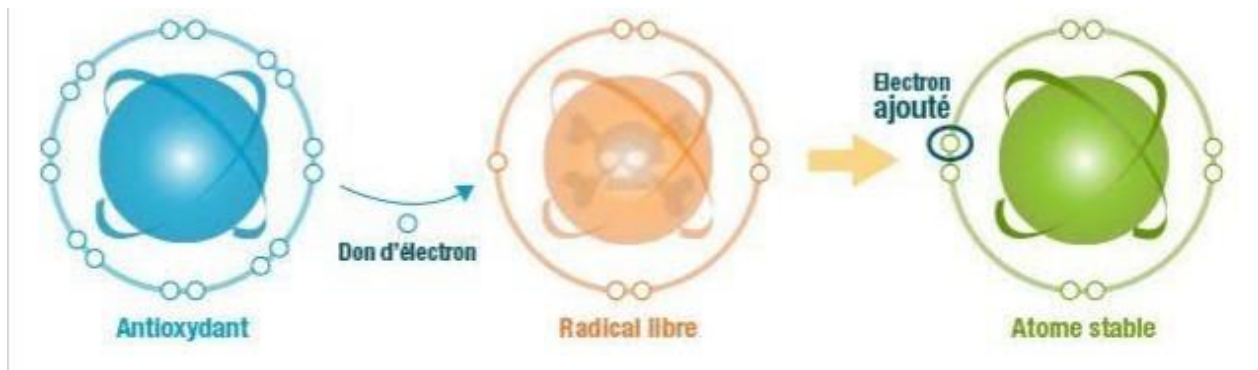


Figure 10 : Mécanisme d'action d'un antioxydant [22].

5. Méthodes d'évaluation des propriétés antioxydantes *in vitro*

Plusieurs méthodes sont disponibles pour mesurer l'activité antioxydante des aliments et des systèmes biologiques [23]. Elles peuvent être classées en deux groupes selon deux mécanismes : soit par le transfert d'atome d'hydrogène, soit par le transfert d'un simple électron [24].

Les techniques du premier groupe sont employées pour évaluer la peroxydation lipidique en utilisant un substrat lipidique ou lipoprotéique. La quantification de cette propriété est exprimée par la mesure du degré d'inhibition de l'oxydation [25]. Alors que les méthodes du deuxième groupe sont celles qui interviennent dans la mesure de l'habilité du piégeage des radicaux libres. Elles comportent le balayage du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), de l'acide hypochloreux ($HOCl$), de l'hydroxyle ($\cdot OH$), des anions superoxyde ($O^{\cdot -2}$), du peroxyde ($ROO\cdot$) et de l'oxyde nitrique ($NO\cdot$) [24].

Parmi ces techniques, nous citons :

- La méthode d'ORAC (Capacité d'absorbance du radical de l'oxygène) [26].
- La méthode d'ABTS (2,2-azinobis 3-éthyle-benzothiazoline-6-sulphonate) ou TEAC (Capacité antioxydante équivalente de Trolox) [27].
- La méthode FRAP (Capacités réductrices ferriques d'antioxydants) [28].
- La méthode du radical DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) [29].
- La méthode de DMPD (Balayage du radical cation N, N- dimethyl- α -phenylenediamine) [30].
- La méthode TOSC (Capacité du piégeage des oxy-radicaux totaux) [31].
- La méthode TRAP (Paramètre du piégeage du radical total) [32].
- La méthode photochimiluminescence (PCL) [33].
- La méthode d'hémolyse [34].

6. Principales classes d'antioxydants d'abricot

6.1. Caroténoïdes

Il s'agit d'un groupe de tétraterpénoïdes dont le squelette de base comprend 40 atomes de carbone. Ils sont formés de 8 unités d'isoprène, groupe aliphatique en C5 à caractère insaturé et d'un groupe méthyle en position latérale. Les caroténoïdes les plus dominants dans l'alimentation et le plasma humain sont : Le β -carotène, l' α -carotène, le lycopène, la lutéine, la zeaxanthine et la β -cryptoxanthine [35]. Le caroténoïde majoritaire chez l'abricot est le β -carotène mais selon les variétés sa teneur varie. Les variétés colorées sont caractérisées par de fortes teneurs en β -carotène, de couleur orange [36], l'effet antioxydant du β -carotène serait dû à une interaction entre le radical et le système de doubles liaisons conjuguées de la chaîne insaturée du piègeur, quoique des effets pro-oxydants aient aussi été décrits [22].

6.2. Composés phénoliques simples

Ils sont largement répandus dans les végétaux et diffèrent par le nombre de fonctions OH et par la nature des autres substituants de la molécule. Ils sont pour la plupart des dérivés cinnamiques ou benzoïques qui possèdent un caractère antioxydant prononcé. Parmi les molécules plus actives, on cite l'acide gallique, caféique, chlorogénique. Les acides férulique et coumarique sont généralement décrits par une activité plus faible [29].

6.3. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des substances naturelles (2-phenyl-benzo- γ -pyran) qui constituent l'un des groupes les plus importants parmi les polyphénols naturels et sont largement répandus dans le règne végétal à l'état d'hétérosides. À l'exception des chalcones, quelques-uns sont bien connus comme étant de très forts antioxydants in vitro grâce à leur activité scavengers des radicaux libres et chélation des ions métalliques [37]. En plus, il a été rapporté que les flavonoïdes inhibent plusieurs enzymes telles que la cyclo-oxygénase et la lipo-oxygénase, enzymes liées aux inflammations [38]. Ils peuvent être présents dans toutes les parties des plantes : tiges, écorce, feuilles, fleurs, fruits et graines. Ils peuvent également se trouver dans des résines et des exsudats de feuilles et de bourgeons [39]. Parmi les Flavonoïdes ayant une activité antioxydante très forte, on cite les flavanols (catéchol), anthocyanidines (Cyanidol) et flavonols (Quercétol).

Références bibliographiques

- [1] **Leverve X. 2009.** Stress oxydant et antioxydants, Cahiers de Nutrition et de Diététique, vol 44, n° 5, pp 219-224.
- [2] **Rochette L. 2008.** Stress oxydant et sepsis. Réanimation, vol 17, n° 6, pp 1-4.
- [3] **Gambani J., Granier R. 2013.** Effets indésirables des rayons X. EMC - Radiologie et imagerie médicale : Principes et techniques – Radioprotection , vol 21, pp 1-20.
- [4] **Fontaine E., Barnoud D., Schwebel C. et Leverve X. 2002.** Place des antioxydants dans la nutrition du patient septique : Antioxydants in critically ill patients. Réanimation, vol 11, n° 6, pp.411-420.
- [5] **Favier A. 2003.** Le stress oxydant Intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. L'actualité chimique. pp 108-115.
- [6] **Web master 9.** Radicaux libres et antioxydants (figure). <https://www.hebedesandes.com/les-radicaux-libres-et-antioxydants/>, consulté le juin 05, 2020.
- [7] **Mette, M. et Berger. 2006.** Manipulations nutritionnelles du stress oxydant : état des connaissances. Nutrition clinique et métabolisme, vol 20, pp 48-53.
- [8] **Web master 10.** La famille des radicaux libres (figure). <https://www.lanutrition.fr/forme/vieillissement/la-famille-des-radicaux-libres> (consulté le juin 05, 2020).
- [9] **Lee J., Koo N. et Min D-B. 2004.** Reactive oxygen species, aging and antioxidant nutraceuticals. Food Science and Food Safety, vol 3, pp 21-33.
- [10] **Wainsten J. 2009.** Larousse Médical, Ed : Larousse, Paris, pp 1113.
- [11] **Phumizile, D. 2015.** The antimicrobial and associated antioxidant activity of rooibos (aspalathuslinearis) and honeybush (cyclopiaintermedia) herbal teas.Thèse de doctorat en technologie biomédicale. Université de technologie de la péninsule de Cap. Afrique du Sud .
- [12] **Lee C-Y., Sharma A., Cheong J-E. et Nelson J-L. 2009.** Synthesis and antioxidant properties of dendritic polyphenols. Bioorg. Med. Chem. Lett. vol 19, pp 6326-6330.
- [13] **Pelli K., Lyly M. 2003.** Les antioxydants dans l'alimentation. Institut National de la Recherche Agronomique147, Ed : France, Paris, pp 228
- [14] **Bauer W-J., Badoud R., Löliger J et Etournaud A. 2010.** Science et technologies des aliments. Principes de chimie des constituants et de technologie des procédés.Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. pp 698.

- [15] **Marie-Claude M. 2004.** Les antioxydants. Actifs et additifs en cosmétologie .Ed : Tec & Doc, pp 337 -352.
- [16] **Rolland Y. 2004.** Actualités des lipides en cosmétique .Antioxydants naturels végétaux. Vol 11, n° 6, pp 419 - 424.
- [17] **Pastre J. Priymenko N. 2007.** Intérêt des anti-oxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques. Revue Méd. Vét. vol 4, pp 187.
- [18] **Biesalski H-K., Böhles H., Esterbauer H., Fürst P., Gey F., Hundsdörefer G. 1997.** Antioxidant vitamins in prevention. Consensus statement. Clin Nutr, vol 16, pp 151–5.
- [19] **Dröge W. 2002.** Free radicals in the physiological of cell function. Physiology Reviews, vol 82, pp 47-95.
- [20] **Sennequier N. et Vadon-Le Goff S. 1998.** Biosynthèse du monoxyde d'azote (NO) : mécanisme, régulation et contrôle. Médecine Science, vol 14: pp 1185-1195.
- [21] **Favier A. 2006.** Stress oxydant et pathologies humaines. Ann. Pharm. France, vol 64, pp 390-396.
- [22] **Web master 11 .** Radicaux libres et antioxydants (figure). <https://www.hebedesandes.com/les-radicaux-libres-et-antioxydants/>, consulté le juin 05, 2020.
- [23] **Scherer R., Godoy H-T. 2009.** Antioxidant activity index (AAI) by the 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. Food Chem, vol 112, pp 654–658.
- [24] **Sanchez-Moreno C. 2002.** Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in food and biological systems. Food Sci Tech Int, vol 8, n° 3, pp 121-137.
- [25] **Sanchez-Moreno C., Larrauri J-A. 1998.** Main methods used in lipid oxidation determination. Food Sci. Technol. Int, vol 4, pp 391-399.
- [26] **Cao G-H., Alessio H-M., Cutler R-G. 1993.** Oxygen-Radical Absorbency Capacity Assay for antioxidants. Free Radical Biol Med, vol 14, pp 303-311.
- [27] **Miller N-J., Rice-Evans C., Davies M-J., Gopinathan V., Milner A. 1993.** A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. Clin Sci, vol 84, pp 407–412.
- [28] **Benzie I- F-F. et Strain J-J. 1996.** The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. Analytical Biochemistry, vol 239, pp 70-76.

- [29] **Brand-Williams, W., Cuvelier M-E., Berset C. 1995.** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food. Sci. Technol*, vol 28, pp 25-30.
- [30] **Li C., Oldham C-D., May S-W-N. 1994.** N-Dimethyl-1,4-phenylenediamine as an alternative reductant for peptidylglycine. *Alpha-amidating mono-oxygenase catalysis*, vol 300, pp 31-36 .
- [31] **Winston G-W., Regoli F., Dugas A-J., Fong J-H., Blanchard K-A. 1998.** A rapid gas chromatographic assay for determining oxyradical scavenging capacity of antioxidants and biological fluids. *Free Radical Biol. Med*, vol 24, pp 480–493 .
- [32] **Wayner, D. D. M., Burton, G. W., Ingold, K. U. et Locke, S. 1985.** Quantitative measurement of the total peroxy radical-trapping antioxidant capacity of human blood plasma by controlled peroxidation. *FEBS Letters*, vol 187, pp 33-37.
- [33] **Popov, I., Lewin, G., Baehr, R. 1987.** Photochemiluminescent detection of antiradical activity. I. Assay of superoxide dismutase. *Biomed Biochim Acta*, vol 46, pp 775–779 .
- [34] **Charfi D.1995.** Effet des eaux usées traitées sur les caractéristiques physico-chimiques du sol et sur la physiologie de quelques espèces végétales cultivées au périmètre d’ElHajeb (Sfax). Thèse en écologie végétale, Fac. Sci. de Sfax.
- [35] **Lee K.W., Kim Y. J., Kim D.O., Lee H. J. et Lee C.Y. 2003.** Major phenolics in apple and their contribution to the total antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol 49, pp 4-8.
- [36] **Chahine H. 1999.** Caractéristiques physiques et physiologiques de l’abricot (*Prunus armeniaca L.*) : Hérité et modulation de leur expression par l’éthylène. *Biologie cellulaire et moléculaire*. Institut National Polytechnique, Toulouse, pp 184.
- [37] **Cao G., Sofic E. et Prior R. 1997.** Antioxidant and prooxidant behavior of flavonoids: structure-activity relationships. *Free radical biology & Medicine*, vol 22, pp 749-760. .
- [38] **Nagao A., Seki M. et Kobayashi H. 1999.** Inhibition of xanthine oxydase by flavonoids. *Bioscience Biotechnol ogy and Biochemistry*, vol 63, n° 10, pp 1787-1790.
- [39] **Brasseur T. 1989.** Propriétés anti-inflammatoires de flavonoides. *Journal de pharmacologie*. Belgique, vol 44, n° 3, pp 235-241.

Partie Expérimentale

Chapitre 1

Matériel et Méthodes

1. Échantillonnage et Préparation de la matière végétale

L'étude a été réalisée sur la partie aérienne de l'abricotier « *Prunus armeniaca* », à savoir les feuilles, les fleurs et les fruits, cultivée à Bousfer ; une commune de la daïra d'Aine-Turk (wilaya d'Oran).

La ville de Bousfer est située à 20 km à l'ouest de la ville d'Oran au nord-ouest d'Algérie et à 452 km de la capitale Alger (figure 11). Cette région a une superficie de 46.20 km², son climat est méditerranéen, semi-aride, sec et froid [1].



Figure 11 : la position géographique de Bousfer commune [2].

La zone de cueillette est une terre agricole de 4 hectares, qui se trouve à 2.7 km de la ville de Bousfer (latitude : 35° 42' 39'' N ; longitude : 0° 48' 38'' W ; altitude : 151 m) et 1/6 de sa superficie sont des arbres d'abricotiers.

La récolte a été faite durant des journées ensoleillées en choisissant de manière aléatoire des arbres sains. Les fruits sont récoltés au début de Juillet 2019, les feuilles et les fleurs à la fin du mois de Mars 2020.

1.1. Description de la variété étudiée

- Les fleurs d'abricotier (figure 12) sont odorantes, de couleur blanche plus en moins rose pâle, aux sépales rouges et 5 pétales, elles ont la caractéristique d'être fixées directement sur le tronc et les branches. Elles sont portées par les rameaux de l'année précédente, elles durent peu de temps avant de donner le fruit [2].

- Les feuilles d'abricotier (figure 13) sont larges (5 à 10 cm) et caduques, alternes, avec la présence de glandes et nectaires sur le pétiole et de stipules à la base de celui-ci. Elles se distinguent par leurs formes cordiformes, arrondies, bien lisses et glabres à la partie inférieure [3].



Figure 12 : les fleurs de *Prunus armeniaca*
(cliché Didani et Meddah, 2020).



Figure 13 : les feuilles de *Prunus armeniaca*
(cliché Didani et Meddah, 2020).

- L'abricot, fruit ou drupe de l'abricotier (figure 14), est caractérisé par une peau veloutée, une chair charnue, peu juteuse, sucrée, parfumée, de couleur jaune orangé. Il se sépare aisément en suivant le sillon médian. Le noyau s'enlève facilement de la chair [2].



Figure 14 : les fruits de *Prunus armeniaca* (l'abricot) (cliché Didani et Meddah, 2020).

1.2. Séchage

Une fois ramené au laboratoire, le matériel végétal est subdivisé en trois échantillons (feuilles, fleurs et fruits) puis étalé en vue du séchage qui a duré en moyenne 10 jours pour les feuilles et les fleurs (figures 12 et 13) et environ 3 semaines pour les fruits après les avoir dénoyautés et découpés en petits morceaux (figure 14), Le séchage a été effectué à l'air libre, à température ambiante et à l'abri de la lumière mis-a-part les fruits qui ont subi un séchage solaire.

Une fois séchés (les feuilles et fleurs deviennent cassantes et les fruits molles), la matière végétale est préparée pour des éventuelles extractions.

2. Extraction

L'extraction solide-liquide est une opération de transfert de matière entre une phase qui contient la matière à extraire « solide », et un solvant d'extraction « liquide » [4]. Lors des examens phytochimiques, l'extrait est préparé en utilisant un mélange hydroalcoolique (20 % eau / 80 % éthanol). Trois techniques d'extraction sont utilisées dans ce travail : la macération, l'infusion et enfin la décoction.

2.1. Macération

Cette méthode d'extraction a été effectuée selon le protocole décrit par Herzi avec quelques modifications.

5 g de matière végétale finement découpée a été mise dans un bécher avec 50 ml du solvant (éthanol 80 %). Ce dernier a été renouvelé chaque 24 h pendant 3 jours (3 cycles). Après chaque cycle, le mélange est filtré à l'aide d'un papier filtre. Les phases organiques obtenues après filtration ont été concentrées à sec sous pression réduite (évaporateur rotatif) ensuite récupérées puis pesées pour déterminer le rendement d'extraction (R%) [4].

2.2. Infusion

Cette méthode d'extraction a été effectuée selon le protocole décrit par Nshimiyimana et He avec quelques modifications.

5 g de matière végétale finement découpée a été mise dans un bécher avec 50 ml du solvant (éthanol 80 %) initialement bouillant pendant 30 min. Le mélange est filtré à l'aide d'un papier filtre. Les phases organiques récupérées après filtration ont été concentrées à l'aide d'un évaporateur rotatif. Par la suite, les extraits sont pesés dans le but de calculer le rendement d'extraction (R%) [5].

2.3. Décoction

Cette méthode d'extraction a été effectuée selon le protocole décrit par Konkon *et al.* avec quelques modifications.

5 g de chaque échantillon est mis dans un bécher avec 50 ml du solvant (éthanol 80 %). Le mélange est porté à l'ébullition pendant 30 min.

Après refroidissement, les extraits sont filtrés à l'aide d'un papier filtre. Les solutions récupérées ont été concentrées à l'aide d'un évaporateur rotatif. Par la suite, les extraits secs sont pesés dans le but de calculer le rendement d'extraction (R%) [6].

A la fin de chaque extraction, les extraits obtenus sont conservés à une température de 4°C pour être utilisés dans les différentes analyses décrites ci-dessous.

2.4. Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction est le rapport entre le poids de l'extrait sec obtenu et celui de la matière végétales échées, exprimé en pourcentage et calculé selon la formule suivante :

$$R\% = (\text{poids de l'extrait sec} / \text{poids de la matière végétale}) \times 100$$

3. Dosage des composés phénoliques

3.1. Dosage des phénols totaux

Mise en œuvre pratique

Un volume de 200 µl des extraits bruts est introduit dans des tubes à essai, le mélange (1 ml du réactif de Folin-Ciocalteu dilué 10 fois et 0,8 ml de carbonate de sodium à 7.5 %) est additionné.

Les tubes sont agités et conservés durant 30 minutes à température ambiante.

L'absorbance est mesurée à 765 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre Jenway 6504 UV/VIS.

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique comme contrôle positif.

Les résultats sont exprimés en milligramme (mg) équivalent d'Acide Gallique par gramme d'extrait (mg eq AG/g).

3.2. Dosage des flavonoïdes

Mise en œuvre pratique

500µl des extraits bruts sont mélangés avec 1500 µl d'eau distillée, puis ajoutés à 150 µl de nitrite de sodium (NaNO₂) à 5 %. Après 5 min, 150 µl de trichlorure d'aluminium (AlCl₃) à 10 % (m/v) est rajouté au mélange. Après 6 min d'incubation à la température ambiante, 500 µl d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 4 % est additionné. Immédiatement, le mélange est complètement agité afin d'homogénéiser le contenu. L'absorbance de la solution de couleur rosâtre est déterminée à 510 nm contre un blanc.

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant de la catéchine comme contrôle positif.

La teneur en flavonoïdes totaux des extraits de la plante étudiée est exprimée en milligramme (mg) équivalent de la Catéchine par gramme d'extrait (mg eq C/g).

3.3. Dosage des flavonols

Mise en œuvre pratique

La teneur en flavonols a été déterminée par la méthode reportée par Miliauskas *et al.* Il s'agit de mélanger 2 ml de chaque extrait avec 2 ml de trichlorure d'aluminium (2 %) et 6 ml d'acétate de sodium (5 %). Le mélange a été incubé pendant 2h et 30 min à 20 °C avant de lire sont absorbance à 440 nm [7].

Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant la myricétine comme contrôle positif.

La teneur en flavonols est exprimée en milligramme d'équivalent de Myricétine par gramme, d'extrait (mg eq M/g).

3.4. Dosage des tanins condensés

Mise en œuvre pratique

Un volume de 50 µl des extraits bruts est ajouté à 1500 µl de la solution vanilline/méthanol (4 %, m/v) puis mélangé à l'aide d'un vortex. Ensuite, 750 µl de l'acide chlorhydrique concentré (HCl) est additionné. Le mélange obtenu est laissé réagir à la température ambiante pendant 20 min. L'absorbance est mesurée à 550 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre Jenway 6504 UV/VIS.

Une courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant de la catéchine comme contrôle positif.

Les résultats de la plante étudiée sont exprimés en milligramme (mg) équivalent de la catéchine par gramme d'extrait (mg eq C/g).

3.5. Dosage des tannins hydrolysables

Mise en œuvre pratique

500 µl de chaque extrait étudié ont été mélangés avec 3.5 ml d'une solution de chlorures ferriques (0.01 M de FeCl₃ dans 0.001 M de HCl). L'absorbance des mélanges a été mesurée immédiatement à 660 nm [8].

Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant de l'acide tannique comme contrôle positif.

La teneur est exprimée en milligramme d'équivalent d'Acide Tannique par gramme d'extrait (mg eq AT/g).

4. Test d'activité antioxydante par le piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)

Mise en œuvre pratique

Le protocole expérimental suivi est celui décrit par Benhamou *et al.* On prépare des concentrations de 2, 1, 0.5, 0.25, 0.12, 0.06 mg/ml à partir des extraits de la plante et des contrôles positifs (acide ascorbique, acide gallique, catéchine) ; ensuite, 50 µl de chaque concentration a été ajouté à 1950 µl de la solution méthanolique du DPPH (25 mg/l). Après incubation à l'obscurité pendant 30 min et à une température ambiante, la lecture des absorbances est effectuée à 515 nm à l'aide d'un spectrophotomètre [9].

4.1. Expressions des résultats

4.1.1. Calcul des pourcentages d'inhibitions

Nous calculons ainsi les pourcentages d'inhibition par la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition de DPPH} = [(A_{\text{DPPH}} - A_{\text{ex}} / A_{\text{DPPH}}] \times 100$$

- A_{DPPH} : Absorbance de solution du DPPH sans extrait.
- A_{ex} : Absorbance de DPPH en présence d'extrait.

4.1.2. Calcul des IC₅₀

Les résultats sont exprimés en concentrations inhibitrices de 50 % du radical DPPH (IC₅₀), ce paramètre est défini comme étant la concentration d'antioxydant requise pour réduire de 50 % la concentration initiale du DPPH en solution, il est calculé graphiquement à travers l'équation de régression de la droite établie pour la partie linéaire de la courbe des pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction des différentes concentrations.

Références bibliographiques

- [1] **Web master 12.** Bousfer, Aïn El Turk, Oran, Algérie - DB-City : Toutes les infos sur les Pays, Régions, Villes et Villages . fr.db-city.com/Alg%C3%A9rie--Oran--A%C3%AFn-El-Turk--Bousfer, consulté le mars 12, 2020.
- [2] **Web master 13.** L'abricotier commun (Prunus armeniaca) . https://viagallica.com/v/abricotier_commun.htm, consulté le mars 14, 2020.
- [3] **Got N. 1958.** L'abricotier. Ed: La maison rustique. Paris. pp 140 .
- [4] **Herzi N., Camy S., Bouajila J., Destrac P., Romdhane M., et Condoret J-S. 2013.** Supercritical CO2 extraction of *Tetraclinis articulata*: Chemical composition, antioxidant activity and mathematical modeling, J. Supercrit. Fluids, vol 82, pp 72- 82 .
- [5] **Nshimiyimana D-S. et He Q. 2010.** Radical Scavenging Capacity of Rwandan CTC Tea Polyphenols Extracted Using Microwave Assisted Extraction. Pakistan Journal of Nutrition, vol9 n° 6, pp 589-593.
- [6] **Konkon N-G., Simaga D. et Adjoungova A.2006.** Etude phytochimique de *Mitragyna inermis* (willd.) ktze (rubiaceae), plante a feuille antidiabetique, Pharm Méd Trad Afr. vol 14 , pp 73-80.
- [7] **Miliauskas G., Venskutonis P-R. et van Beek T-A. 2004.** Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts , Food chem., vol 85, n°2, pp 231- 237.
- [8] **Mole S. et Waterman P-G. 1987.** A critical analysis of techniques for measuring tannins in ecological studies : I. Techniques for chemically defining tannins », Oecologia, vol 72, n°1, pp 137-147.
- [9] **Benhammou N., Ghambaza N., Benabdelkader S., Atik-Bekkara F., Kadifkova Panovska, T. 2013.** Phytochemicals and antioxidant properties of extracts from the root and stems of *Anabasis articulata*. International food research journal, vol 20, pp 2057-2063.

Chapitre 2

Résultats et Discussion

1. Rendements des extractions

L'extraction a été effectuée par trois techniques différentes : la macération, l'infusion et la décoction. Le rendement est calculé par rapport au poids de la matière sèche de *Prunus armeniaca*, les résultats obtenus sont illustrés dans l'histogramme ci-après (figure 15) :

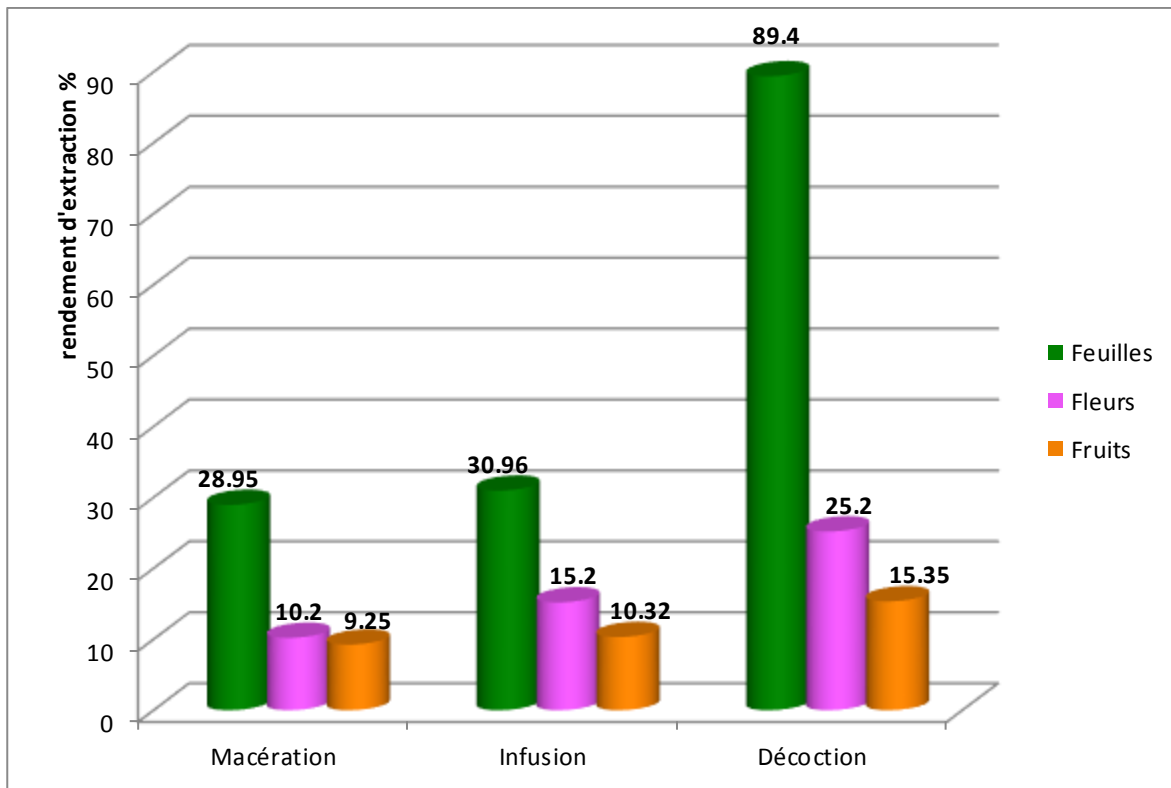


Figure 15 : Rendement d'extraction des différents organes de *Prunus armeniaca* (feuilles, fleurs et fruits) par trois méthodes.

La figure ci-dessous montre que les rendements d'extractions varient considérablement entre les différents organes de la plante ainsi qu'entre les différentes méthodes d'extraction. On constate que les extraits des feuilles enregistrent les meilleurs rendements qui varient entre 28.95 et 89.4 %, suivi par les extraits des fleurs dont les rendements sont compris entre 10.2 et 25.2 %. Tandis que les plus bas rendements ont été enregistrés dans les extraits des fruits (9.25 – 15.35 %).

En ce qui concerne les méthodes d'extraction, la décoction s'est montrée particulièrement plus efficace avec des rendements de 89.4 % pour les extraits de feuilles, 25.2 % pour les extraits de

fleurs et 15.35 % pour les extraits de fruits, suivie par l'infusion qui a donné des rendements moyennement considérables de l'ordre de 30.96 % pour les extraits de feuilles, 15.2 % pour les extraits de fleurs et 10.32 % pour les extraits de fruits. Enfin, la macération avec des rendements de 28.95 % pour les extraits de feuilles, 10.2 % pour les extraits de fleurs et 9.25 % pour les extraits de fruits.

Par comparaison de nos résultats avec ceux de la littérature, nous avons constaté qu'une étude réalisée sur une variété d'abricotier de la région de Bejaia a montré que l'extrait hydroalcoolique (éthanol 80 %) des feuilles, obtenu par macération, a donné un rendement de l'ordre de 28 % ce qui est très proche de notre résultat (28.95 %) [1]. Par contre le rendement d'extraction des fruits de la même étude, obtenu aussi par macération, qui est de 25 % est largement supérieur au notre (9.25 %) [1].

Toutefois, Il est souvent difficile de comparer ce genre de résultats avec ceux de la bibliographie, car le rendement n'est que relatif et dépend de plusieurs facteurs comme la méthode et les conditions d'extraction, la nature chimique des composés (solubilité dans les solvants), la granulométrie, la saison ou la période de récolte, la durée et les conditions de stockage et la présence de substances interférentes [2].

2. Dosage des composés phénoliques

2.1. Dosage des polyphénols totaux

Les résultats du dosage des polyphénols totaux ont été déterminés à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage, tracée en utilisant l'acide gallique comme standard.

Les résultats montrent que les teneurs en phénols totaux varient considérablement entre les différents extraits.

On premier lieu, on remarque que les teneurs en polyphénols totaux des différents organes de notre plante varient entre 44.6 et 305.4 mg eq AG/g d'extrait, ce qui prouve que cette espèce est riche en phénols totaux. La concentration la plus élevée des phénols a été mesurée dans les extraits des feuilles, avec un taux qui varie entre 106.3 et 305.4 mg eq AG/g d'extrait, par rapport aux extraits des fleurs et des fruits, où nous enregistrons des teneurs comprises entre 61.5 et 176.9 mg eq AG/g d'extrait et 44.6 et 76.3 mg eq AG/g d'extrait respectivement.

En second lieu et pour les méthodes d'extraction, nous constatons que les teneurs en polyphénols totaux révélée dans les extraits obtenus par décoction sont les plus élevées par rapport aux autres techniques, avec des concentrations de 305.4 mg eq AG/g d'extrait pour les extraits de feuilles, 176.9 mg eq AG/g d'extrait pour les extraits de fleurs et 76.3 mg eq AG/g d'extrait pour les extraits de fruits. Les extraits obtenus par infusion enregistrent des teneurs de 241.6 mg eq AG/g d'extrait pour les extraits de feuilles, 114.8 mg eq AG/g d'extrait pour les extraits de fleurs et 59.5 mg eq AG/g d'extrait pour les extraits de fruits. Tandis que les plus basses concentrations en polyphénols totaux ont été mesurées dans les extraits obtenus par macération avec de teneurs de 106.3, 61.5 et 44.6 mg eq AG/g d'extrait pour les extraits de feuilles, fleurs et fruits respectivement.

Les résultats obtenus montrent que *Prunus armeniaca* est riche en polyphénols totaux, avec des teneurs importantes dans ses feuilles et que la meilleure méthode utilisée pour extraire le maximum de ces polyphénols est la décoction.

Par comparaison de nos résultats avec ceux de la littérature, nous avons constaté que les teneurs trouvées dans une étude réalisée par Hamani et Khereddine sur les extraits de feuilles et de fruits de *Prunus armeniaca*, obtenus par macération, (826.3 mg eq AG/100 g et 213.4 mg eq AG/100 g respectivement) sont inférieures à celles trouvés dans notre étude [1].

La teneur en polyphénols totaux de nos extraits de fruits obtenus par macération est inférieure à celle trouvée par Ali *et al.* qui ont travaillé sur différentes variétés d'abricot, dont la plus riche est la variété de Habi (73.10 mg eq AG/g) [3]. Par contre elle est supérieure à celles trouvées par Brat *et al.* et Wu *et al.*, qui ont travaillé sur des fruits fraîches (1.33 mg eq AG/g et 1.78 mg eq AG/g respectivement) [4] [5].

D'autres études réalisées par Tomo *et al.* sur différentes variétés d'abricot du Serbie en utilisant le méthanol 70 % et par Saoudi et Tayeb Bey, utilisant l'éthanol 42 % ont donné les résultats de 23.78 mg eq AG/g pour la variété d'Harcot [6] et 2.52 mg eq AG/g respectivement [7]. Ces résultats sont inférieurs à ceux obtenus par la présente étude.

2.2. Dosage des Flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode de trichlorure d'aluminium et la soude. Les taux en flavonoïdes des extraits ont été calculés à partir de la courbe d'étalonnage, tracée en utilisant la catéchine comme standard.

les teneurs en flavonoïdes varient considérablement entre les différents organes de la plante. On constate que les extraits des feuilles enregistrent les meilleures concentrations variant entre 249.9 et 350.3 mg eq C/g d'extrait, suivi par les extraits des fleurs dont les taux en flavonoïdes sont comprises entre 97.8 et 218.8 mg eq C/g d'extrait. Tandis que les extraits des fruits renferment des teneurs largement inférieures à celle des autres organes; soit des teneurs qui varient entre 3.3 et 9.7 mg eq C/g d'extrait.

Les teneurs en flavonoïdes varient aussi en fonction de la méthode d'extraction puisqu'on remarque que l'utilisation de la décoction a donné les meilleures teneurs, où l'extrait le plus riche est celui des feuilles avec 350.3 mg eq C/g d'extrait, suivi par l'extrait des fleurs avec 218.8 mg eq C/g d'extrait, et ensuite l'extrait des fruits avec 9.7 mg eq C/g d'extrait. L'infusion a donné un résultat plus au moins proche de la décoction avec une différence de 88.6, 47.9 et 1.8 mg eq C/g d'extrait pour les feuilles, fleurs et fruits respectivement, dont l'extrait le plus riche est celui des feuilles avec 261.7 mg eq AG/g d'extrait, vient par la suite l'extrait des fleurs avec 170.9 mg eq C/g d'extrait et la faible teneur est celle de l'extrait des fruits (7.9 mg eq C/g d'extrait). La macération a donné le plus faible résultat par rapport à la décoction et l'infusion, avec des teneurs de 249.9, 97.8 et 3.3 mg eq C/g d'extrait pour les feuilles, fleurs et fruits respectivement.

Comparativement aux autres études, nos résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Hamani et Khereddine, qui ont travaillé sur les fruits et les feuilles de *Prunus armeniaca* en utilisant la méthode de macération (8.91 mg eq C/100 g et 38.29 mg eq C/100 g respectivement) [1] et à ceux de Saoudi *et al.* dont l'étude est basée sur la macération des fruits secs dans l'éthanol 42 % (1.23 mg eq C/g) [7].

L'étude de Tomo *et al.* qui a été réalisée sur les extraits des fruits de différentes variétés de *Prunus armeniaca*, obtenus par macération dans le méthanol 70%, montre que le plus fort résultat est celui de la variété Aleksandra avec 97.71 mg eq C/g et qui est supérieur au notre, par contre la plus faible teneur est celle de la variété Harcot avec 5.01 mg eq C/g [6].

2.3. Dosage des flavonols

Le dosage des flavonols a été réalisé selon la méthode de trichlorure d'aluminium et l'acétate de sodium. Les teneurs en flavonols des extraits ont été calculées à partir de la courbe d'étalonnage tracée en utilisant la myricétine comme standard.

Les résultats révèlent que les teneurs en flavonols dans les extraits des feuilles sont les meilleures dans les trois méthodes avec 165.4 mg eq M/g pour la décoction, 126 mg eq M/g pour l'infusion et 122.3 mg eq M/g pour la macération, suivies par celles des extraits des fleurs avec 104.5 mg eq M/g pour la décoction, 80.6 mg eq M/g pour l'infusion et 44 mg eq M/g pour la macération, enfin les fruits avec 15.3eq M/g pour la décoction, 13.5 mg eq M/g pour l'infusion et 7.8 mg eq M/g la macération.

Les teneurs en flavonols trouvées dans notre étude sont supérieures à ceux obtenus par Hamani et Khereddine sur les extraits des feuilles et des fruits de *Prunus armeniaca* (29.6 mg eq M/100 g et 2.1 mg eq /100 g respectivement) [1].

2.4. Dosage des tanins

2.4.1. Dosage des tanins condensés

Le dosage des tanins condensés a été effectué par la méthode de la vanilline en milieu acide. La teneur en tanins condensés a été calculée à partir de la courbe d'étalonnage, tracée en utilisant la catéchine comme standard.

Nous constatons que les teneurs en tanins condensés obtenues par macération montrent que l'extrait le plus riche est celui des feuilles avec une concentration de 83.75 mg eq C/g, suivi par l'extrait des fleurs 36.25 mg eq C/g, puis l'extrait des fruits avec 26.25 mg eq C/g.

L'estimation quantitative des tanins condensés avec la méthode d'infusion est mieux que celle de la macération avec des teneurs des extraits des feuilles, fleurs et fruits de l'ordre de 131.25 mg eq C/g, 97.5 mg eq C/g et 55 mg eq C/g respectivement.

Pour La méthode de décoction, l'extraction donne des résultats plus forts que ceux de macération et d'infusion avec 188.75 mg eq C/g pour l'extrait des feuilles, 128.75 mg eq C/g pour l'extrait des fleurs et 85 mg eq C/g pour l'extrait des fruits.

2.4.2. Dosage des tanins hydrolysables

Les teneurs en tanins hydrolysables des extraits ont été calculés à partir de la courbe d'étalonnage, tracée en utilisant la l'acide tannique comme standard.

Nous constatons que la quantité des tanins hydrolysables, extraite par macération, montre que l'extrait le plus riche est celui des feuilles avec une teneur de 86 mg eq AT/g d'extrait, suivi par les extraits des fleurs et des fruits (48 et 40 mg eq AT/g d'extrait respectivement). L'estimation quantitative des tanins hydrolysables par la méthode d'infusion est meilleure que celle de macération avec 114 mg eq AT/g d'extrait pour les feuilles, 87 mg eq AT/g d'extrait pour les fleurs et 53 mg eq AT/g d'extrait pour les fruits. Alors que l'extraction par décoction donne toujours une quantité plus importante en tanins hydrolysables avec des teneurs de 170 mg eq AT/g d'extrait pour l'extrait des feuilles, 92 mg eq AT/g d'extrait pour l'extrait des fleurs et 70 mg eq AT/g d'extrait pour l'extrait des fruits.

À la lumière des résultats du dosage des composés phénoliques, nous remarquons que les meilleures teneurs sont toujours obtenues par les extraits des feuilles, et que celles obtenues par décoction sont toujours les plus élevées par rapport à l'infusion et la macération. Ceci s'explique toujours par le fait que la teneur en composés phénoliques varie en fonction de la méthode d'extraction utilisée et dépend aussi de plusieurs paramètres tel que le type de solvant, le temps d'extraction, la température et la composition des échantillons [8] [9].

3. Activité antioxydante

3.1. Test de réduction du radical libre DPPH

3.1.1. Le pouvoir réducteur des extrait obtenus par macération

Les résultats des pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations des extraits hydroalcooliques de *Prunus armeniaca* obtenus par macération, comparés à ceux de différents standards de référence (acide ascorbique, acide gallique et catéchine), sont représentés dans la figure 16.

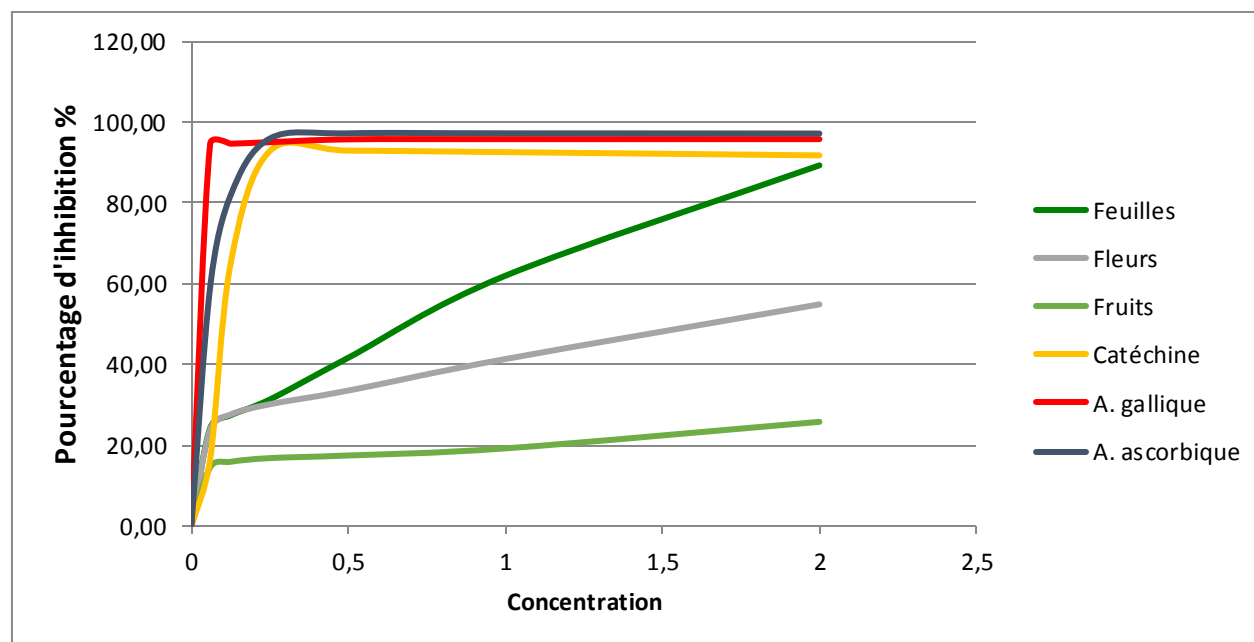


Figure 16 : Pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction de différentes concentrations des extraits de différentes parties de *Prunus armeniaca*. (Feuilles, fleurs et fruits) obtenus par macération, comparés avec les trois standards.

Selon les résultats obtenus, on remarque que les pourcentages d'inhibition du radical DPPH de nos extraits augmentent avec l'augmentation des concentrations. Le meilleur pouvoir réducteur est obtenu avec l'extrait des feuilles 89.32 %, puis des fleurs 54.88 % en comparant avec les trois standards qui ont presque le même pouvoir réducteur (l'acide ascorbique 97.26 %, l'acide gallique 97.21 % et la catéchine 92.60 %) pour une concentration de 2mg/ml. Par contre l'extrait des fruits présente le pouvoir réducteur le plus faible avec 25.78 % pour la même concentration finale (2 mg/ml).

Par comparaison à d'autres études, nos résultats sont supérieurs à ceux de Imatoukene et Kehoul, qui ont travaillé sur les feuilles et les fruits de deux variétés d'abricotier, (Luizet I : feuilles 31.5 %, fruits 6.8 % et Luizet II : feuilles 55.67 % et fruits 6.3 %) [10]. Et aussi à ceux de Hammani et khereddine (23.88 %, 6.8 % pour feuilles et fruits respectivement) [1] .

3.1.2. Le pouvoir réducteur des extrait obtenus par infusion

Les résultats des pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations obtenus par l'infusion sont représentés dans la figure 17.

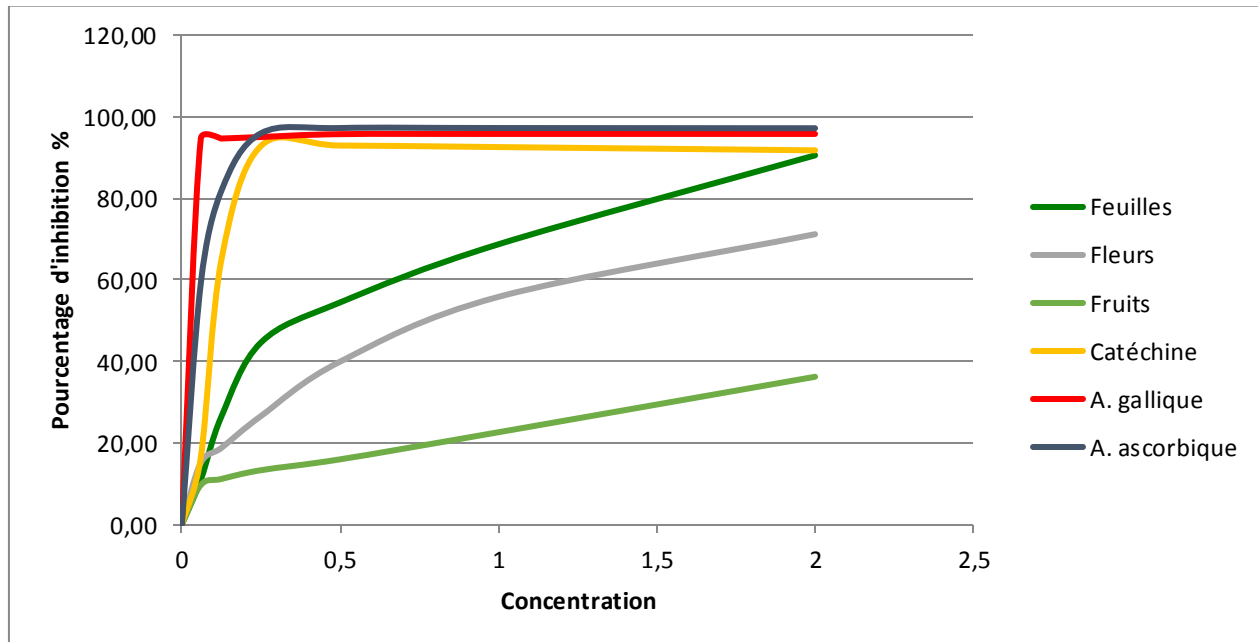


Figure 17 : Pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction de différentes concentrations des extraits de différentes parties de *Prunus armeniaca* (feuilles, fleurs et fruits) obtenus par infusion, comparés avec les trois standards.

Selon la figure 17, On remarque que les pourcentages d'inhibition du radical DPPH de nos extraits augmentent aussi avec l'augmentation des concentrations. On remarque aussi que le meilleur pouvoir réducteur est obtenu par les trois standards (l'acide ascorbique 97.26 %, l'acide gallique 97.21 % et la catéchine 92.60 %). Par la suite, l'extrait des feuilles qui représente un pouvoir assez important (90.56 %), suivi par l'extrait des fleurs (71.22 %) et enfin l'extrait des fruits (36.26 %) à une concentrations finales de 2 mg/ml.

3.1.3. Le pouvoir réducteur des extrait obtenus par décoction

Les résultats des pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations obtenus par la décoction sont représentés dans la figure suivante (figure 18) :

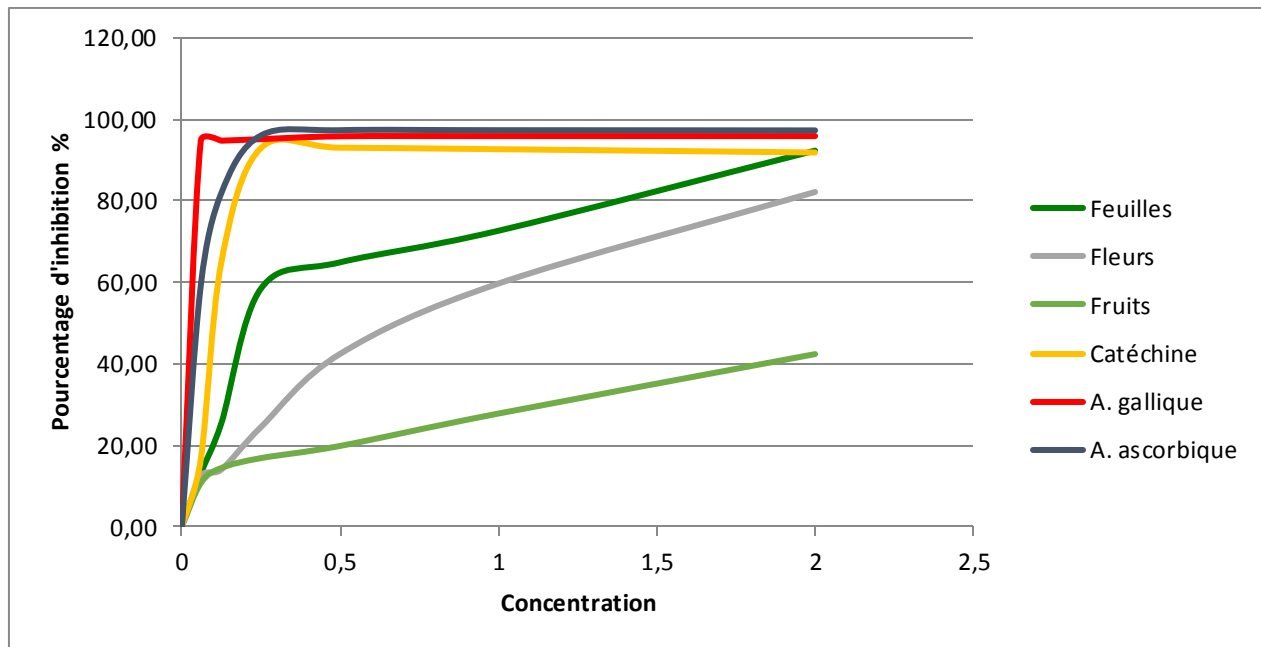


Figure 18 : Pourcentages d'inhibition du DPPH en fonction de différentes concentrations des extraits de différentes parties de *Prunus armeniaca* (feuilles, fleurs et fruits) obtenus par décoction, comparés avec les trois standards.

On observe que les trois standards ont presque le même pouvoir antioxydant, En effet, l'acide ascorbique présente la meilleure capacité d'inhibition du radical DPPH qui est de 97.26 % pour une concentration de 2 mg/ml, supérieure à celle de l'acide gallique et de la catéchine qui ont des pourcentages d'inhibition de 97.21 % et 92.60 % respectivement pour la même concentration finale. Celui-ci est très proche au pourcentage d'inhibition de l'extrait des feuilles de *Prunus armeniaca* qui est très élevé (92.25 % pour 2 mg/ml), suivi par l'extrait des fleurs avec un résultat important (82.10 % pour 2 mg/ml), et le faible pouvoir antioxydant est toujours enregistré pour l'extrait des fruits (42.32 % pour 2 mg/ml).

Par ailleurs, l'extrait alcoolique des feuilles de *Prunus armeniaca* obtenu par décoction présente un pourcentage d'inhibition du radical assez important, qui est très proche aux standards, ce qui confirme sa richesse en composés phénoliques.

3.1.4. Évaluation de la concentration inhibitrice de 50% de DPPH (IC₅₀)

Afin de décrire d'avantage nos résultats, on a calculé les valeurs d'IC₅₀. Cette valeur est inversement proportionnelle à la capacité antioxydante d'un composé, parce qu'elle exprime la quantité d'antioxydant requise pour inhiber 50 % du radical libre DPPH. Ainsi, plus la valeur d'IC₅₀ est petite, plus l'activité antioxydante d'un composé est grande. Les valeurs d'IC₅₀ de nos extraits et des standards sont calculées à partir des équations données par les droites de régression tracées à partir des pourcentages d'inhibition en fonction des différentes concentrations testées avec un coefficient de corrélation (R²) supérieur à 0.9.

A partir des résultats présentés dans le tableau précédent, on peut dire que les extraits des feuilles obtenus par les trois méthodes (macération, infusion et décoction) ont une activité antioxydante très élevée, car leurs valeurs d'IC₅₀ sont inférieures par rapport aux valeurs d'IC₅₀ des autres parties de la plante, aussi, elles sont plus proches aux valeurs des standards. Ce qui explique que les feuilles sont les organes qui contiennent plus de composés antiradicalaires. On remarque aussi que les valeurs d'IC₅₀ des extraits obtenus par la décoction sont inférieures par rapport aux valeurs des extraits obtenus par infusion et macération, cela montre que la décoction est la meilleure méthode d'extraction des composés phénoliques, suivie par l'infusion et la macération respectivement.

Références bibliographiques

- [1] **Hamani S. et Khereddine S. 2012.** Etude de l'activité antioxydante d'une variété locale d'abricot Mech-Mech, Mémoire d'ingénieur, Option Contrôle de Qualité et Analyse, Université Abderrahmane Mira, Bejaia.
- [2] **Lee K., Kim Y., Lee H., Lee C. 2003.** Cocoa has more phenolic phytochemicals and a higher antioxidant capacity than Teas and Red wine. *Agric. Food chem*, vol 51, pp 7292-7295.
- [3] **Ali S., Masud T. et Abbasi K. S. 2011.** Physico-chemical characteristics of apricot (*Prunus armeniaca L.*) grown in Northern Areas of Pakistan. *Scientia Horticulturae*, vol 130, pp 386–389.
- [4] **Brat P., George S., Bellamy A., Chaffaut L-D., Scalbert A. et Mennen L. 2006.** Daily polyphenol intake in France from fruit and vegetables. *The Journal of Nutrition*, vol 236, pp 8–2373.
- [5] **Wu X., Beecher G-R., Holden J-M., Haytowitz D-B., Gebhardt S-E. et Prior R-L. 2004.** Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol 52, pp 4026–4037.
- [6] **Tomo M., Nebojša M., et Jelena M. 2016.** Soluble solids, acidity, phenolic content and antioxidant capacity of fruits and berries cultivated in Serbia, vol 71, n° 4, pp 239-248.
- [7] **Saoudi H. et Tayeb Bey D. 2019.** Evaluation de l'activité antioxydante de quelques fruits secs, Mémoire de master, Option nutrition et science des aliments, Université Mohamed Boudiaf, M'sila.
- [8] **Stalikas C-D. 2007.** Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *J. Sep. Sci*, vol 30, pp 3268–3295.
- [9] **Rhazi, Hannache A., Oumam M., Sesbou A., Bertrand Charrier, Pizzi A, Charrier-ElBouhtoury F. 2015.** Green extraction process of tannins obtained from Moroccan Acacia mollissima barks by microwave: Modeling and optimization of the process using the response surface methodology RSM. *Arabian journal of chemistry*, Elsevier, vol 12, n° 8, pp 2668-2684.
- [10] **Imatoukene N. et Kehoul A., 2011.** Etude des extraits de deux variétés locale d'abricots (Fruits, feuilles et écorces), Mémoire d'ingénieur, Option contrôle de qualité et analyse, Université Abderrahmane Mira, Bejaia.

Conclusion

Conclusion

Dans le but de contribuer à la valorisation des plantes médicinales algériennes, nous sommes proposé à étudier une plante largement répandue dans notre région, qui est l'abricotier « *Prunus armeniaca* ».

Le présent travail est porté sur l'étude phytochimique et l'activité biologique (activité antioxydante) des extraits hydroalcooliques de *Prunus armeniaca*, obtenus par trois méthodes d'extraction (macération, infusion et décoction).

D'après nos résultats, les extraits obtenus par décoction ont présenté les meilleurs rendements d'extractions. L'étude phytochimique révèle des teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes et flavonols variable selon les organes et la concentration la plus élevée est trouvée dans les feuilles suivies par les fleurs et enfin les fruits. Les teneurs en tannins condensés et hydrolysables des feuilles et des fleurs sont considérables par rapport aux fruits.

Le test de l'activité antioxydante des différents extraits a montré que *Prunus armeniaca* a un pouvoir antioxydant très important. Les extraits obtenus par décoction étaient les plus actifs et les feuilles ont donnée la meilleure activité. L'effet de l'extrait des feuilles obtenu par décoction est positivement corrélé à la concentration avec un pourcentage d'inhibition maximal de **92.25 %** à la concentration 2 mg/ml avec une valeur IC_{50} de **0.19 mg/ml**.

Cela montre que ce dernier renferme des antioxydants puissant dont leur identification et isolement est d'un grand intérêt.

Ces résultats indiquent que *Prunus armeniaca* représente une source naturelle et prometteuse de molécules chimiques (composés phénoliques) qui possèdent des activités biologiques très importantes, spécialement l'activité antioxydante. Cette dernière diffère d'un extrait à un autre et ceci selon les méthodes d'extraction utilisées qui influencent sur la nature des composés présents.

En effet, cette plante doit être recommandée dans les habitudes alimentaires en tant que source potentielle de composés antioxydants et anti-carcinogènes.

L'ensemble de ces résultats obtenus *in vitro* ne constitue qu'une ébauche dans le domaine de recherche des substances d'origine naturelle biologiquement active et leurs multiples effets favorables à la santé. Par conséquent, une étude *in vivo* est souhaitable, pour obtenir une vue plus approfondie sur les activités antioxydantes et recommander des essais cliniques dans le futur visant à examiner ses effets bénéfiques, et tester d'autres activités biologiques, ce qui permettra d'élargir l'arsenal thérapeutique des médicaments à base de cette plante.