



République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة أبو بكر بلقايد- تلمسان



Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEEN

كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et des Sciences de la Terre et de  
l'Univers

Département de Biologie

Laboratoire des Produits naturels (LAPRONA)

**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme de MASTER**

**Filière : Sciences Alimentaires**

**Option : nutrition et diététique**

Présenté par

**DEKKAR Ikram Nassima**

**KALAJDI Yamina**

## **Thème**

**Évaluation de l'activité antioxydante des composés  
phénoliques de *Balanites aegyptiaca***

Soutenu le 15 juin 2022, devant le jury composé de :

<b>Présidente :</b>	Mme Belarbi Meriem	Professeur	Université de Tlemcen
<b>Promotrice :</b>	Mme Aboura Ikram	MCB	Université de Tlemcen
<b>Examinatrice :</b>	Mme Soualem Zoubida	MCA	Université de Tlemcen

**Année universitaire : 2021/2022**

## **Remerciements**

*Avant tout, nous remercions **ALLAH** tout puissant, pour nous avoir donné la santé, le courage, la volonté, et surtout la patience, pour l'accomplissement de ce travail.*

*Nous remercions le laboratoire des Produits naturels (LAPRONA).*

*Nous adressons nos plus sincères remerciements à notre encadreur Mme. **ABOURA Ikram** MCB à l'université Aboubekr Belkaid, Tlemcen, pour avoir encadré et dirigé ce travail, pour son aide, sa gentillesse et sa direction tout au long de ce projet. Pour ses conseils et la confiance qu'il nous a accordée afin de réaliser ce travail,*

*Nous remercions madame **BELARBI Meriem** professeur à l'université de Tlemcen d'avoir accepté de présider les membres du jury.*

*Nos remerciements s'adressent également à madame **SOUALEM Zoubida** MCA à l'université de Tlemcen d'avoir acceptée d'examiner notre travail.*

*Nous remercions monsieur **NANI Abdelhafid** Maitre de conférences classe A à l'Université d'Adrar.*

*De même, nos remerciements se porte vers la directrice Mme **BELARBI Meriem** du laboratoire des produits naturels (LAPRONA) pour leur accueil.*

*Nos sincères remerciements à Melle **BENAMEUR Meriem** doctorante à l'université de Tlemcen pour ses aides, ses encouragements et ses conseils.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à Madame **BELHASSAINE Fatima Zohra** ingénieur au laboratoire de produits naturels Tlemcen pour sa précieuse aide dans la réalisation des manipulations.*

*En fin, nous remercions toute personne qui a participé de près ou de loin, à la réussite de ce travail.*

### ***Dédicaces***

*A ma mère, Merci d'être toujours là pour moi.*

*A mon frère Amine, pour ses encouragements ainsi pour son soutien moral*

*A ma grand mère, pour m'avoir encouragée pendant toutes les années  
universitaires.*

*A ma chère cousine Ibtissam, mes amies Hadjer, Hayet et Nora,*

*A toute ma famille pour le grand soutien qu'elle me donne.*

***Yamina***

## *Dédicaces*

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse,  
leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,*

*A mes chères sœurs wahiba et Sarah pour leurs encouragements  
permanents, et leur soutien moral,*

*A mes chers frères Mohamed et Yassine pour leur appui et leur  
encouragement,*

*A mes amis sarah, wissem, yasmina qui m'ont toujours encouragé*

*À mes neveux walid, imad et Mehdi et mes nièces yasmine et houda*

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit  
de votre soutien infailible,*

*Merci d'être toujours là pour moi.*

***Ikram N.***

## ملخص

البوليفينول عبارة عن مركبات عضوية ثانوية موجودة في النباتات ولها تأثيرات وقائية مثل نشاطها المضاد للأكسدة

تهدف دراستنا إلى تحديد محتوى المركبات الفينولية (البوليفينول ، الفلافونويد ، العفص) ، لتقييم النشاط المضاد للأكسدة لمستخلص البوليفينول لأجزاء الفاكهة الثلاثة (القشرة ، اللب ، النواة) لنبات البلانيت (الهجليج) .

أظهرت نتائجنا أن مستخلصات البوليفينول لأجزاء الفاكهة الثلاثة من نبات البلانيت (الهجليج) تحتوي على مركبات فينولية. بالإضافة إلى ذلك وجدنا أن مستخلص اللب هو الأغنى في البوليفينول والفلافونويد والعفص المكثف بمحتويات  $22.34 \pm 1.73$  مغ مكافئ لحمض الغاليك /غ مادة جافة,  $3.07$  مع مكافئ للكاتشين/غ مادة جافة ,  $2.78 \pm 0.1$  مع مكافئ للكاتشين /غ مادة جافة على التوالي , كما لاحظنا أن النواة غنية بالعفص المكثف ( $1.88 \pm 0.3$  مغ مكافئ للكاتشين /غ مادة جافة)

من ناحية اخرى تحتوى القشرة على كمية معتبرة من البوليفينول و الفلافونويد ( $11.43 \pm 0.08$  مغ مكافئ لحمض الغاليك /غ مادة جافة ,  $1.21 \pm 0.04$  مغ مكافئ للكاتشين / مادة جافة) على التوالي , و نسبة منخفضة في العفص

أظهر تقييم القدرة الكلية لمضادات الأكسدة (CAT) ان مستخلصات البوليفينول لفاكهة الهجليج لها نشاط كبير مضاد للأكسدة ، حيث يحتوي اللب على أعلى نشاط مضاد للأكسدة ( $2.222 \pm 0.09$  مغ مكافئ لحمض الاسكوربيك/غ مادة جافة) بالنسبة للقشرة ( $1.43 \pm 0.1$  مغ مكافئ لحمض الاسكوربيك /غ مادة جافة) و النواة ( $1.55 \pm 0.1$  مغ مكافئ لحمض الاسكوربيك /غ مادة جافة)

تم تحديد FRAP التي أظهرت أن اللب لديه أكبر قوة مضادة للاكسدة بواسطة  $IC_{50}$  تساوي  $3.91$  مغ/مل ثم القشرة ( $7.92$  مغ/مل) و النواة (BHA) الذي يحتوي على قيمة  $IC_{50}$  تساوي  $0.15$  مغ/مل ( $19, 82$  مغ/مل) بالمقارنة مع المعيار

يرجع النشاط المضاد للأكسدة لفاكهة نبات الهجليج أساساً إلى وجود مادة البوليفينول والفلافونويد ومستقلبات ثانوية أخرى

كلمات مفتاحية : بلانيت (الهجليج), البوليفينول, نشاط مضاد للأكسدة , FRAP . CAT,

## Résumé

Les polyphénols sont des métabolites secondaires présents dans les plantes et qui ont des effets protecteurs tels que leur activité antioxydante.

Notre étude a pour objectif de déterminer les teneurs en composés phénoliques (Polyphénols, Flavonoïdes, tanins), d'évaluer l'activité antioxydante d'extrait polyphénolique des trois parties de fruit (épicarpe, pulpe, amande) de *Balanite aegyptiaca*.

Nos résultats ont montré que les extraits polyphénoliques des trois parties de fruit de *Balanite aegyptiaca* contiennent des teneurs importantes en composés phénoliques. Par ailleurs, nous avons constaté que l'extrait de la pulpe est le plus riche en polyphénols, flavonoïdes et tanins condensés avec des teneurs de 22,34 ±1,73 mg EAG/g de M.S ; 3,07 mg EC/g MS ; 2,78 ± 0,1 mg EC/g Ms respectivement. Par contre, nous avons constaté que l'amande est riche en tanins condensés (1,88±0,3 mgEC/g MS) d'autre part l'épicarpe contient des teneurs considérables en polyphénols et flavonoïdes (11,43 ±0,08 mg EAG/g de MS ; 1,21±0,04 mg EC/MS) respectivement et pauvre en tannins.

L'évaluation de la capacité antioxydante totale (CAT) a révélé que les extraits polyphénoliques de fruit de *Balanites aegyptiaca* ont une activité antioxydante importante, dont la pulpe présente la valeur la plus élevée (2,222± 0,09 mg EAA/ g ES) par rapport à l'épicarpe (1,436±0,1 mg EAA/ g ES) et l'amande (1,556±0,1 mg EAA/ g ES). Le pouvoir réducteur a été déterminé par la méthode FRAP, qui a montré que la pulpe a le pouvoir réducteur le plus important (IC<sub>50</sub> =3,91 mg/ml) par rapport à l'épicarpe et l'amande (IC<sub>50</sub>=7,92mg/ml ; IC<sub>50</sub>= 19,82mg/ml) respectivement en le comparant avec celui de standard (BHA) qui a un IC<sub>50</sub> de la valeur de 0,15 mg/ml.

L'activité antioxydante de fruit de plante de *Balanite aegyptiaca* est due essentiellement à la présence des composés bioactifs (polyphénols, flavonoïdes) et à d'autres métabolites secondaires.

**Mot clé :** Activité Antioxydante, *Balanites aegyptiaca*, CAT, FRAP, Polyphénols.

## Abstract

Polyphenols are secondary metabolites present in plants and which have protective effects such as their antioxidant activity.

Our study aims to determine the content of phenolic compounds (polyphenols, flavonoids, tannins), to evaluate the antioxidant activity of polyphenolic extract of the three fruit parts (epicarp, pulp, kernel) of *Balanites aegyptiaca*.

Our results showed that the polyphenolic extracts of the three fruit parts of *Balanites aegyptiaca* contain phenolic compounds. In addition, we found that the pulp extract is the richest in polyphenols, flavonoids and condensed tannins with contents of  $22.34 \pm 1.73$  mg EAG/g of DM;  $3.07$  mg EC/g DM;  $2.78 \pm 0.1$  mg EC/g Ms respectively. On the other hand, we noted that the kernel is rich in condensed tannins ( $1.88 \pm 0.3$  mgEC/g DM) on the other hand the epicarp contains considerable contents of polyphenols and flavonoids ( $11.43 \pm 0.08$  mg EAG/g DM;  $1.21 \pm 0.04$  mg EC/DM) respectively and low in tannins.

The evaluation of the total antioxidant capacity (CAT) revealed that the polyphenolic extracts of *Balanites aegyptiaca* fruit has a significant antioxidant activity, the pulp of which has the highest antioxidant activity ( $2.222 \pm 0.09$  mg EAA / g ES) by contribution to the epicarp ( $1.436 \pm 0.1$  mg EAA/ g ES) and the kernel ( $1.556 \pm 0.1$  mg EAA/ g ES). The reducing power was determined by the FRAP method which showed that the pulp has the greatest reducing power ( $IC_{50} = 3.91$  mg/ml) then the epicarp ( $IC_{50} = 7.92$  mg/ml), and kernel ( $IC_{50} = 19.82$  mg/ml) comparing it with that of standard (BHA) which has an  $IC_{50}$  value of  $0.15$  mg/ml.

The antioxidant activity of *Balanites aegyptiaca* plant fruit is mainly due to the presence of polyphenols, flavonoids and other secondary metabolites.

**Key word:** Antioxidant Activity, *Balanites aegyptiaca*, CAT, FRAP, Polyphenols.

## Liste des abréviations

**Abs** : absorbance.

**AlCl<sub>3</sub>** : Chlorure d'aluminium.

**BHA** : hydroxyanisole butylé.

**C<sub>2</sub>HCl<sub>3</sub>O<sub>2</sub>** : acide trichloracétique.

**CAT** : catalase.

**CAT** : capacité antioxydant totale

**e<sup>-</sup>** : électron.

**ERO** : espèces réactives de l'oxygène.

**Fe<sup>2+</sup>** : L'oxyde de fer.

**FeCl<sub>3</sub>** : Chlorure ferrique.

**FRAP** : la réduction de fer (Ferric reducing antioxidant power).

**GPX** : glutathion peroxydase.

**GSSG** : disulfure de glutathion.

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** : peroxyde d'hydrogène.

**HCl** : Acide chlorhydrique.

**K<sub>3</sub>Fe** : Ferricyanure de potassium.

**MeOH** : Méthanol.

**Mg EAA / g MS** : milligramme équivalent d'acide ascorbique par gramme de matière sèche.

**Mg EAG/ g MS** : milligramme équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche.

**Mg EC / g MS** : milligramme équivalent de catéchine par gramme de matière sèche.

**Mo**: molybdène.

**Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>** : Carbonate de sodium.

**NaNO<sub>2</sub>** : Nitrite de sodium.

**NaOH** : Hydroxyde de sodium.

**NO** : l'oxyde nitrique.

**P** : probabilité.

**ERO** : les espèces réactives de l'oxygène (reaction oxygene species).

**Rpm**: tour par minute (round per minute).

**SOD** : superoxyde dismutase.

**THs** : tanins hydrolysables.

## Liste des figures

Figure	Titre	page
1	Structure phénolique	03
2	Squelette de base des flavonoïdes	04
3	Les différentes classes de flavonoïdes	06
4	Structure générale du stilbènes	07
5	Structure générale des lignanes	08
6	Déséquilibre de la balance entre pro-oxydants et antioxydants	11
7	Les intermédiaires réduits de l'oxygène : Les quatre phases de réduction mono-électronique de l'oxygène	12
8	Les effets des espèces réactives de l'oxygène	14
9	Mode d'action des principaux antioxydants enzymatiques	16
10	Régénération de vitamine E par la vitamine C	16
11	Piégeage d'un radical libre (X•) par un noyau catéchol	17
12	Balanites aegyptiaca	20
13	Fruit De Balanites aegyptiaca	22
14	Structures de quelques acides phénoliques isolés du dattier du désert	22
15	Structures de quelques flavonoïdes isolés du dattier du désert	23
16	Les différentes parties de la plante balanites aegyptiaca	26
17	Dégraissage d'extrait par l'hexane à l'aide d'une ampoule à décanter	27
18	Rotavapeur (HANSHIN S&T CO.,LTD)	27
19	Spectrophotomètre jenway 7315	28
20	Gamme d'étalonnage des polyphénols totaux	28
21	Gamme d'étalonnage des flavonoïdes	29
22	Gamme d'étalonnage des tanins condensés	30
23	Gamme d'étalonnage d'acide ascorbique	31

24	Gamme d'étalonnage de BHA	33
25	Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux	35
26	Teneur en polyphénols totaux en mg EAG/g de M.S	35
27	Courbe d'étalonnage des flavonoïdes	36
28	Teneur en flavonoïdes en mg EC/g M.S	37
29	Courbe d'étalonnage des tanins condensés	38
30	Teneurs en tanins condensés en mg EC/g M.S	39
31	Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique de test "CAT"	40
32	La capacité antioxydante totale des extraits polyphénoliques de fruit de <i>Balanites aegyptiaca</i> en mg EAA/ g ES	40
33	Courbe d'étalonnage de BHA pour le test "FRAP"	41
34	Pouvoir réducteur d'extrait polyphénolique de fruit de <i>Balanites aegyptiaca</i>	42
35	Les valeurs des IC50 de BHA et des extraits polyphénoliques de fruit de <i>Balanites aegyptiaca</i>	42

## Liste des tableaux

<b>tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>page</b>
<b>1</b>	<b>Les propriétés biologiques des polyphénols</b>	<b>08</b>
<b>2</b>	<b>Les sources alimentaires des polyphénols</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Classification des radicaux libres principales</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Sources alimentaires des antioxydants</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Classification des oligo-éléments antioxydants</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Composition nutritionnelles de fruit de balanites aegyptiaca</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>Rendements des extractions en pourcentage.</b>	<b>34</b>

## **Remerciements**

## **Dédicaces**

## **Résumé**

## **Liste des abréviations**

## **Liste des figures**

## **Liste des tableaux**

## **Table des matières**

Introduction .....	01
--------------------	----

### **Partie Bibliographique**

#### **Chapitre I : Les polyphénols**

I.1. Définition .....	03
I.2. Classification des polyphénols .....	04
I.2.1. Les flavonoïdes.....	04
I.2.1.1. Les flavanones .....	04
I.2.1.2. Les flavones .....	05
I.2.1.3. Les flavonols .....	05
I.2.1.4. Les chalcones .....	05
I.2.1.5. Les isoflavones .....	05
I.2.2. Les non flavonoïdes .....	06
I.2.2 .1 . Les acides phénoliques.....	06
I.2.2 .2 . Les stilbènes .....	07
I.2.2 .3. Les tanins .....	07
I.2.2 .4. Les lignanes .....	07
I .3.Les sources alimentaires .....	08
I.4. Les propriétés des polyphénols .....	09

#### **Chapitre II : Le stress oxydatif et le pouvoir antioxydant**

II.1. Le stress oxydatif .....	11
II.2. Les radicaux libres.....	12
II.2.1. Définition .....	12
II.2.2. Les espèces réactives d'oxygène (ERO).....	12
II.3. Les principales cibles biologiques des espèces réactives de l'oxygène (ERO) ...	13
II.3.1. L'ADN.....	13
II.3.2. Les protéines .....	14

II.3.3. Les lipides .....	14
II.4. Les antioxydants.....	15
II.4.1. Les antioxydants endogènes .....	15
II.4.1.1. La superoxyde dismutase SOD.....	15
II.4.1.2. La catalase (CAT) .....	15
II.4.1.3. la glutathion peroxydase (GPX).....	15
II.4.2. Les antioxydants exogènes.....	16
II.4.2.1. Les vitamines.....	16
II.4.2.2. Les polyphénols.....	17
II.4.2.3. Les oligoéléments .....	18

### **Chapitre III : Le dattier de désert**

III.1. Définition.....	20
III.2. utilisation traditionnelle.....	20
III.3. Description .....	21
III.4. Constituants phytochimiques.....	22
III.4.1. Les polyphénols .....	22
III.4.2. Les flavonoïdes.....	22
III.4.3. Les saponines.....	23
III.4.4. Les alcaloïdes .....	23
III.5. Composition nutritionnelle.....	24
III.6. Activités biologiques.....	24
III.6.1. Activité antioxydante.....	24
III.6.2. Activité antimicrobienne .....	24
III.6.3. Activité antidiabétique.....	24
III.6.4. Activité anti-inflammatoire.....	25
III.6.5. Autres activités.....	25

### **Partie Expérimentale**

#### **Matériels et Méthodes**

I. Échantillonnage et préparation du matériel biologique végétal.....	26
II. Extraction des composés phénoliques.....	26
III. Dosage colorimétrique des polyphénols totaux .....	27
IV. Dosage colorimétrique des flavonoïdes.....	29
V. Dosage colorimétrique des tanins condensés.....	30
VI. Mesure du pouvoir antioxydant des extraits du <i>Balanites aegyptiaca</i> .....	31

VI.1. La capacité antioxydant totale (CAT).....	31
VI.2. Détermination du pouvoir réducteur du fer : FRAP.....	32
VII. Analyse statistique.....	33

### **Résultats et Discussion**

I. Rendements des extraits.....	34
II. Détermination de la teneur en composés phénoliques.....	34
II.1. Détermination de la teneur en polyphénols totaux.....	34
II.2. Détermination de la teneur en flavonoïdes.....	36
II.3. Détermination de la teneur en tanins condensés.....	38
III. Evaluation de l'activité antioxydante .....	39
III.1. Méthode de la Capacité antioxydant totale (CAT).....	39
III .2. Test du pouvoir réducteur du Fer: FRAP.....	41
Conclusion .....	44

### **Références bibliographiques**

### **Résumés**

# INTRODUCTION GENERALE

Environ 500.000 espèces végétales sont recensées à travers le monde dont 80.000 espèces sont utilisés dans le domaine thérapeutique (**Quyoun, 2003 ; Benkhniue et al., 2011**).

Les plantes médicinales sont connues depuis des millénaire et sont très appréciés dans le monde entier comme une source riche d'agents thérapeutiques pour la prévention et la guérison des maladies (**Sharma et al., 2008**).

Les plantes médicinales ne constituent pas seulement une base de ressource majeure pour la médecine traditionnelle et l'industrie des plantes médicinales mais fournissent également une sécurité sanitaire a une grande partie de la population mondiale (**Jain, 2017**). Ces plantes sont des sources importantes d'une grande variété des molécules bioactives qui représentent des produits du métabolisme secondaire (**Akawah et al., 2004**).

Les métabolites secondaires sont des molécules qui ont une répartition limitée dans l'organisme de la plante, les principaux métabolites secondaires sont les huiles essentiels, les polyphénols, les alcaloïdes, les terpènes, etc. (**Akawah et al., 2004**).

Les polyphénols sont des métabolites secondaires produits par les plantes supérieures, qui jouent un rôle important dans la physiologie végétale et ils ont des propriétés bénéfiques sur l'organisme humain (**Daglia, 2012**).

Ces dernières années, de nombreuses études sont menées sur l'évaluation du profil Polyphénolique de plusieurs plantes réputées par leurs vertus thérapeutiques, ainsi les propriétés biologiques de plus en plus recherchées (**Hung, 2004 ; Bincy et al., 2017**) Les polyphénols ont plusieurs effet thérapeutique tels que l'effet protecteur qui a été attribué à leurs propriétés antioxydantes, susceptibles de prévenir des dommages oxydatifs moléculaires et cellulaires qui déclenchent diverses pathologies (cancers, diabète de type 2, maladies cardiovasculaires et neurodégénératives) (**Amiot et al., 2009**).

Les polyphénols possèdent généralement plusieurs propriétés biologiques tels que l'activité antifongique et antimicrobienne (**Ahuja et al., 2012**), et d'après plusieurs études ces polyphénols ont une activité antioxydantes, anti-inflammatoires, anticancéreuses, etc. (**Nkhili, 2009; Nani, 2017; Ghanemi et al., 2017; Zerouh et al., 2017; Aboura et al., 2017; Nani et al., 2019**), aussi ils ont la capacité de réduire le risque des maladies de syndrome métaboliques (obésité , insulino-résistance) (**Amiot et al., 2009**).

Les polyphénols sont les antioxydants les plus abondants dans notre alimentation, ils sont présents dans différents aliments et boissons à base de plantes, notamment les pommes, brocoli, baies, agrumes, prunes, cacao, thé et café (**Williamson, 2017**). Les effets des polyphénols dépendent de la quantité consommée et de leur biodisponibilité (**Manach et al., 2004**).

Le dattier de désert pareillement connu sous le nom *Balanites aegyptiaca*, appartient de la famille des Zygophyllaceae qui contient 25 genres et 240 espèces qui se trouve plus dans les régions tempérées chaudes et les plus séchés surtout en Afrique, ainsi dans les régions tropicales (**chapagain et al., 2006**). Cette plante est riche en métabolites secondaires tels que les polyphénols, les alcaloïdes et les saponines. Elle est connue par leurs propriétés biologiques notamment l'activité antioxydante (**Murthy et al., 2021**).

*Balanites Aegyptiaca* participe à d'autres utilisations pharmaceutiques par ses différentes propriétés biologiques telles que l'activité antibactérienne, antimicrobienne, anticancéreuse et antidiabétique (**Yadav et al., 2010**).

Notre étude a pour objectif de déterminer les teneurs en composés phénoliques (polyphénols, flavonoïdes, tanins), d'évaluer l'activité antioxydante d'extrait polyphénolique des trois parties de fruit (épicarpe, pulpe, amande) de *Balanite aegyptiaca* par deux techniques CAT et FRAP.

Ce travail est développé en deux parties :

- La première partie de ce mémoire nous proposons une étude bibliographique, qui regroupe trois chapitres :
  - Le premier chapitre basé principalement sur les composés phénoliques.
  - Le deuxième chapitre englobe le stress oxydatif et le pouvoir antioxydant.
  - Le troisième chapitre représente la plante de dattier de désert (*Balanites aegyptiaca*)
- La deuxième partie est la partie expérimentale, elle est divisée en deux :
  - Matériels et méthodes.
  - Résultats et discussion.
- Et on termine par une conclusion et perspectif.

# Chapitre I :

## Les

# Polyphénols

## I. Les polyphénols

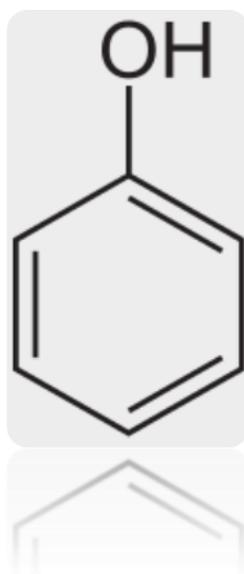
### I.1 Définition

Les polyphénols naturels sont généralement présent dans les végétaux supérieurs complexes de métabolites secondaires, ils sont solubles dans l'eau, et même possèdent des masses moléculaires relatives comprises entre 500 et 3 000 (**Edwin et al., 2015**)

Ce sont des composés qui peuvent s'accumuler dans plusieurs parties de la plante comme les feuilles, les fruits, les racines et les tiges, ils contiennent plusieurs fonctions biologiques. Ils sont nécessaires à la vie végétale, ils peuvent fournir une défense contre les attaques microbiologiques et rendre les aliments désagréables pour les prédateurs et autres herbivores (**Bavaresco, 2003 ; Vogt, 2010**).

Certaines études épidémiologiques ont montré qu'une consommation régulière des aliments riches en composés phénoliques permet de prévenir certain pathologie comme les maladies cardiovasculaires, neuro-dégénératives, certain cancer (**Hung, 2004**).

Les composés phénoliques présentent une grande diversité de structures, plusieurs milliers de composés différents ont été identifiés dans la nature (**Bruneton, 2009**). Ce sont des composés organiques avec un ou plusieurs groupes hydroxyle attachés à un cycle phényle (**Gulluce et al., 2003 ; Cui et al., 2012**).



**Figure 01** : Structure phénolique (**Sarni-Manchado et al., 2006**).

## I.2. Classification des polyphénols

La famille des polyphénols contient l'une des molécules les plus abondantes et les plus étudiées naturellement présentes dans le règne végétal les polyphénols (Collin et al., 2011).

Le terme « phénol » englobe environ 10000 composés naturels identifiés (Martin et al., 2002 ; Druzynka, 2007). L'élément structural principal qui contient au moins un noyau phénolique à 6 carbones, lié d'un groupe hydroxyle (OH) libre ou engagé dans une autre fonction : ester, éther (Bruneton, 1999 ; Balasundram, 2006).

Les polyphénols sont caractérisés par la présence de différents groupements phénoliques dans leur structure. Ils sont répartis en différents groupes caractérisés en fonction de la structure de leur squelette carboné exemple : flavonoïdes (C6-C3-C6) » et acides phénoliques (C6-C1 ou C6-C3) (Manach et al., 2004).

Les Polyphénols peuvent être classés en deux groupes: Les composés flavonoïdes et les composés non flavonoïdes.

### I.2.1. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes généralement sont des composés phénoliques qui représentent des constituants essentiels de la partie non énergétique de l'alimentation humaine (Martínez-Flórez et al., 2011).

Ainsi que, sont les composés polyphénoliques les plus abondants contenus dans les végétaux. Sa structure comprend un squelette composé de deux cycles aromatiques (A et B) porteurs de plusieurs fonctions phénol et comprend une chaîne de trois atomes de carbone (Stoclet et al., 2011).

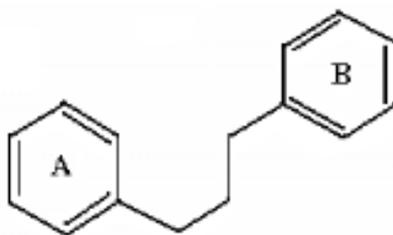


Figure 02 : Squelette de base des flavonoïdes (Rijke, 2006).

### **I.2.1.1. Les flavanones**

Ce sont des composants qui ne contiennent pas des groupements OH en position 3, et présentent de fortes similitudes de structures avec les flavonols, ce sont des flavonoïdes responsables de la saveur amère de certaines pamplemousses, citrons, orange: la naringine (Alais et al., 1997).

### **I.2.1.2. Les flavones**

Les flavones existent dans toutes les principales lignées de plantes terrestres. Les espèces végétales productrices de flavones appartiennent à plus de 70 familles différentes au sein du règne végétal (Harborne et al., 1999).

### **I.2.1.3. Les flavonols**

Les flavonols probablement considèrent comme : 3-hydroxyflavones et les flavones, à l'inverse, comme des 3-désoxy-flavonols (Herrmann, 1979).

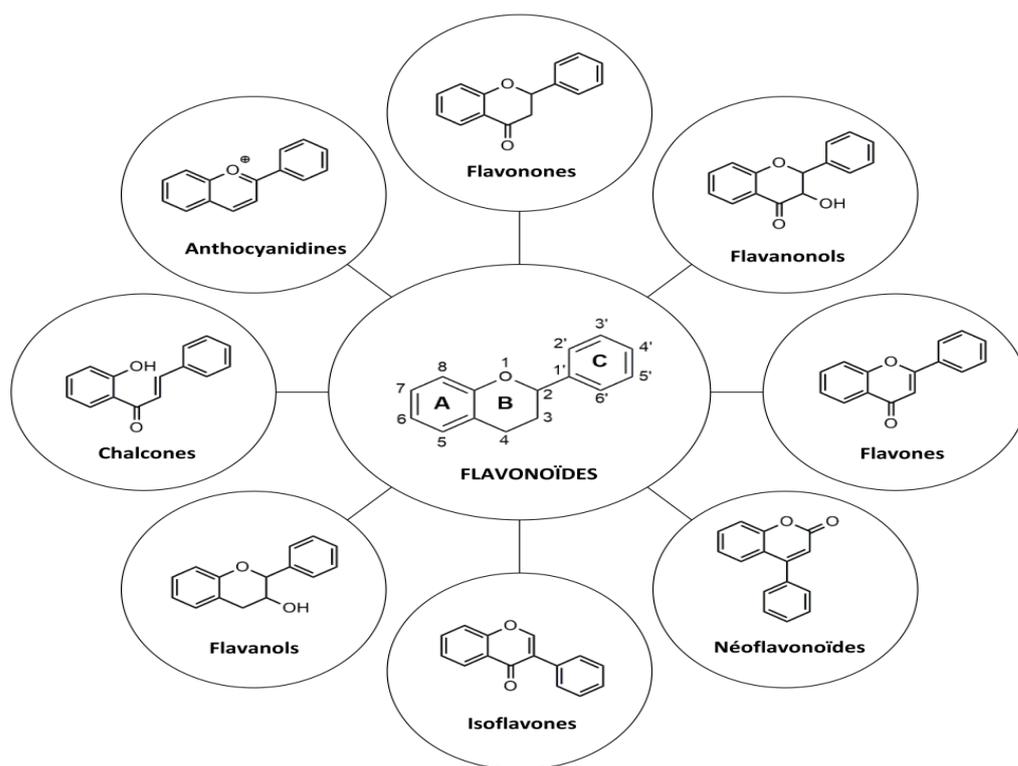
Les flavonols et précisément la quercétine, sont pleinement distribués dans les plantes et sont présents en quantités considérables dans les fruits et légumes (Perez-Vizcaino et al., 2010).

### **I.2.1.4. Les chalcones**

Les chalcones sont des dérivés des flavonoïdes ils ont une grande variété d'effets pharmacologiques, y compris activités antiprolifératives et anticancéreuses, l'un des mécanismes de l'action anticancéreuse l'activité des chalcones peut être la suppression de l'anxiogènes (Hsu, 2004).

### **I.2.1.5. Les isoflavones**

On dit que les isoflavones affectent la liaison, l'entrée, la réplication, la traduction des protéines virales et la formation de certains complexes de glycoprotéines d'enveloppe virale (Andres, 2009).



**Figure 03** : Les différentes classes de flavonoïdes (Rousserie, 2019)

## I.2.2. Les non flavonoïdes

Les principaux composés non-flavonoïdes retrouvés dans la baie de raisin ainsi que dans le vin sont les acides phénols et les stilbènes (Rousserie, 2019).

### I.2.2.1. Les acides phénoliques

Ce sont des composés phénoliques naturels qu'ils ont une structure qui contient au moins un rôle carboxylique et autre hydroxyle, ainsi que sont divisés en deux parties : acides hydroxycinnamiques /acide hydroxybenzoïque (Bruneton, 2008).

#### L'acide hydroxycinnamique :

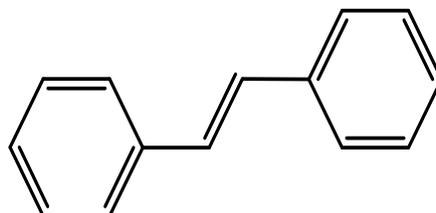
Les acides hydroxycinnamiques, leurs esters quiniques et l'acide quinique sont présents dans le jus de pomme et le cidre le vin joue un rôle sur la croissance d'une souche d'Oenococcus oeni (Salih et al., 2000).

#### -L'acide hydroxybenzoïque :

Les acides hydroxybenzoïque connu par leur grande activité vis à vis des micro-organismes, Ainsi leur faible toxicité sur des organismes supérieurs (Sabalitschka et al., 1927 ; Sabalitschka, 1929).

### I.2.2.2. Les stilbènes

Les stilbènes sont des métabolites secondaires biologiquement actifs existe dans des plusieurs familles des plantes, et leurs principales sources alimentaires sont le raisin, le vin et les arachides (**Renaud et al., 1999**).



**Figure 04** : Structure générale du stilbènes (**Nicks, 2009**).

### I.2.2.3. Les tanins

Les tanins, sont des composés polyphénoliques amplement présents dans la plante Royaume (**Quideau, 2011**), Ce sont essentiellement des métabolites secondaires produits par les plantes pour leur adaptation et leur protection aux stress abiotiques (**Xia, 2010**).

Ils sont divisés en deux parties :

#### Tanins condensés :

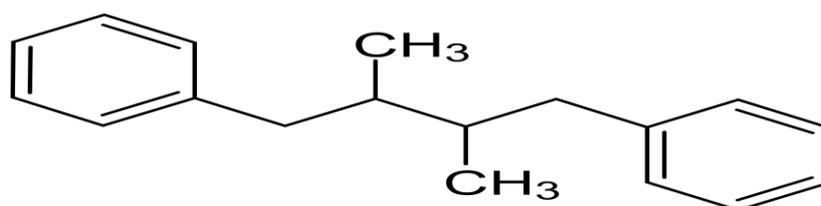
Les tanins condensés sont généralement plus importants que les tanins hydrolysables mais leur connaissance est beaucoup moins avancée, Les tanins condensés d'un tissu végétal sont constitués par un mélange de plusieurs polymères (**Opet, 2012**).

#### Tanins hydrolysables :

Les tanins hydrolysables (THs) sont des oligo- ou poly-esters d'un sucre, en général le glucose, et de molécules d'acide-phénol (**Salminen et al., 2011**). Ils sont classés selon la nature de l'acide-phénol : les tanins galliques possèdent un acide gallique (**hagerman, 2012**).

### I.2.2.4. Les lignanes

Les lignanes sont des polyphénols s'accumulant dans les tissus ligneux, les racines et les graines de plusieurs plantes. Ces molécules, vraisemblablement impliquées dans les mécanismes de défense chez la plante, sont également utiles pour l'homme (**Lamblin et al., 2008**).



**Figure. 05** : structure générale des lignanes (Milder et al., 2009).

### I .3.Les sources alimentaires

Les polyphénols sont apportés par une alimentation d'origine végétale (Amiot et al., 2009). Ils constituent une famille de composés essentiels dans le domaine agroalimentaire (Collin et al., 2011). Les composés phénoliques sont présents dans plusieurs aliments tels que : café, thé, chocolat, vins, fruits, oléagineux, soja (Pérez-Jiménez, 2010).

**Tableau 1** : Les sources alimentaires des polyphénols\_

Les composés phénoliques	Sources alimentaires	Références
<b>Flavones</b>	Persil, Céleri, Olive, Poivron, rouge.	(Manach et al., 2004)
<b>Flavonols</b>	Oignon jaune, Brocoli, Abricot, Thé noir, Vin rouge, pomme.	(Manach et al., 2004)
<b>Chalcones</b>	Pommes, fleurs, houblon, bière.	(Tsao et al., 2003; Tsao et al., 2009)
<b>Anthocyanes</b>	les légumes, Vin rouge, les fruits (myrtille).	(Manach et al., 2004)
<b>Stilbènes</b>	Cacahouètes, Raisin.	(Richard et al., 2014)
<b>Lignanes</b>	Fruits, Céréales, Soja.	(Richard et al., 2014)
<b>L'acide hydroxycinnamique</b>	café, céréales.	(Zhou, 2016)
<b>L'acide hydroxybenzoïque</b>	Fruits comme les grenades, raisins, noix, chocolat, thé vert.	(Zhou, 2016)

**I.4. Les propriétés des polyphénols**

Les polyphénols représentent plusieurs propriétés bénéfique sur l'humain, plante, ainsi que l'animale.

Les polyphénols sont des métabolites secondaires produits par les plantes supérieures, qui jouent plusieurs rôles essentiels dans la physiologie végétale et des propriétés bénéfiques sur l'organisme humain (**Daglia, 2012**).

Certaines études épidémiologiques ont montré qu'une consommation régulière des aliments riches en composés phénoliques permet de prévenir certain pathologie comme les maladies cardiovasculaires, neuro-dégénératives, certain cancer (**Hung et al., 2004**).

Ainsi que Plusieurs étude épidémiologique montre que Les polyphénols, (composés phytochimiques phénoliques), font partie des antioxydants les plus existant dans les fruits, légumes, céréales et certaines boissons, et ont été proposés comme agents chimio-préventifs primaires. Une attention considérable a été portée sur l'identification naturelle polyphénols antioxydants capables de réduire l'excès des espèces réactives de l'oxygène (ERO) donc la possibilité de réduire certains cancers (**Lee et al., 2001**).

Tableau 2 : Les propriétés biologiques des polyphénols

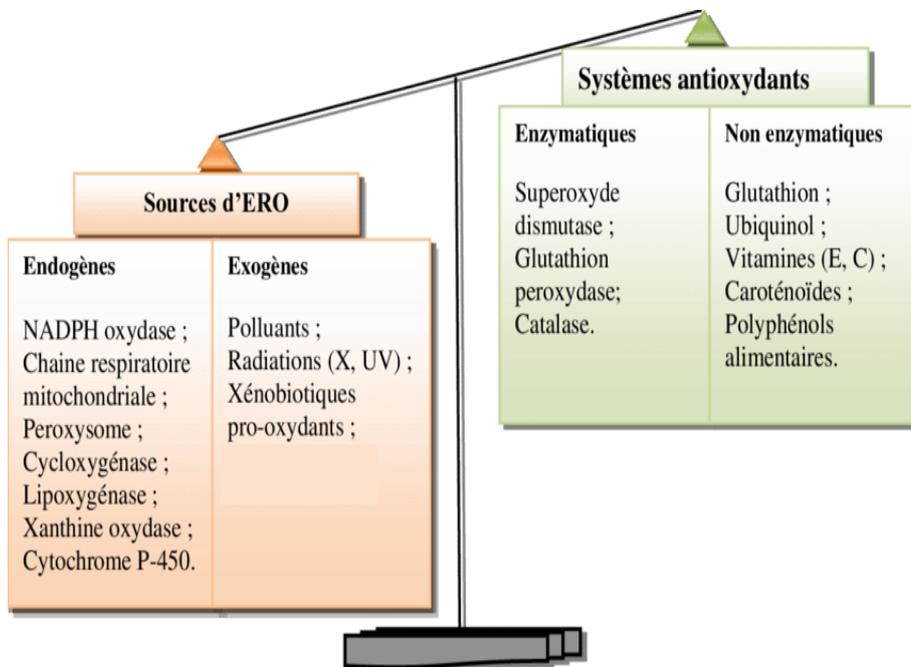
Les composés phénoliques	L'activité biologique	références
Les flavonoïdes	Anti-radicalaires, Anti-poperoxudantes Et Antioxydants	(Brasseur et al., 1986)
Les Tanins	Antioxydant et anticancéreux	(Bincy et al., 2017)
Les acides phénoliques	Antiproliférative, Anti-radicalaires, antioxydant, anti-tumorales, Anti-cancer, anti-inflammatoire.	(Kouame et al., 2009)
Les chalcones	Anti-inflammatoire, antioxydant, anticancéreux	(Babasaheb et al., 2010)
Les stilbènes	Hypolipémiant, antiviral, anti-inflammatoire, anti-cancer, antioxydant, antiproliférative, antiplaquettaire	(De Filippi, 2010)
Les Isoflavones	Anti-inflammatoire, réduire les symptômes de certaines maladies comme athérosclérose, antioxydant, antimicrobien, anti-cancer	(Yu et al., 2016)

**Chapitre II:**  
**Le Stress Oxydatif**  
**Et Le Pouvoir**  
**Antioxydant**

L'oxydation est une réaction chimique où les électrons se transfèrent d'un atome à un autre et présente une grande partie de la vie aérobie et de notre métabolisme puisque l'oxygène est l'accepteur d'électron ultime dans le système de flux d'électrons qui produit de l'énergie sous forme d'ATP (Davies, 1995). Mais des problèmes peuvent survenir lorsque le flux d'électrons se découple (transfert d'électrons uniques non appariés) généralement des radicaux libres (Gülçin, 2011) qui sont des espèces réactives naturellement produits chez l'homme et qu'il peuvent exercer des effets négatifs (provoquent le stress oxydatif), pour limiter ces effets néfastes l'organisme a besoin d'une protection complexe "le système antioxydant" (Finaud et al., 2006).

### II.1. Le stress oxydatif

Le stress oxydatif est un déséquilibre entre l'oxydation et les antioxydants (Sies, 1985 ; Sies, 1986), "c'est une perturbation d'équilibre entre la génération des espèces réactives de l'oxygène et la capacité du corps à neutraliser les dommages oxydatifs (Boyd et al., 2003). Le stress oxydant déclenche des réactions d'oxydations en cascade dans l'organisme humain causant des pathologies telles que le diabète, la maladie d'Alzheimer et les maladies cardiovasculaires (Favier, 2003).



**Figure 6** : Le déséquilibre de la balance entre pro-oxydants et antioxydants (achat, 2013).

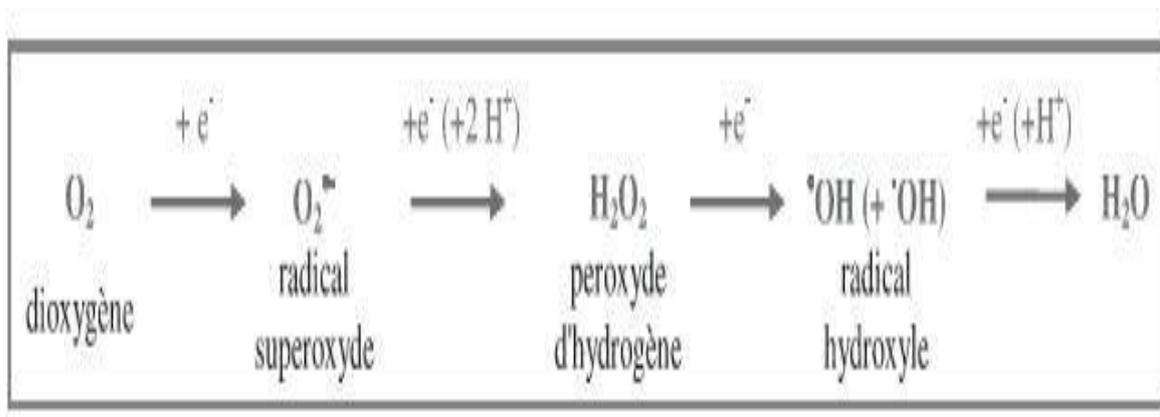
## II.2. Les radicaux libres

### II.2.1. Définition

Les radicaux libres sont des molécules ayant des électrons non appariés (Gilbert, 2000), ces molécules sont instables et réagissent rapidement avec d'autres composants (Fang et al., 2002).

### II.2.2. Les espèces réactives d'oxygène (ERO)

Parmi les espèces radicalaires les plus intéressantes se trouvent : les radicaux superoxyde ( $O_2^{\bullet -}$ ), hydroxyle ( $OH^{\bullet}$ ), peroxyde ( $ROO^{\bullet}$ ), alkoxyde ( $RO^{\bullet}$ ) et hydroperoxyde ( $HO_2$ ) qui sont des radicaux libres d'oxygène (ERO), ainsi que des molécules d'azote (ERN) comme l'oxyde nitrique ( $NO^{\bullet}$ ) et le dioxyde d'azote ( $NO_2^{\bullet}$ ) (Evans, 2001).



**Figure 7** : Les intermédiaires réduits de l'oxygène : Les quatre phases de réduction mono-électronique de l'oxygène (Gardes et al., 2003).

**Tableau 3** : Classification des radicaux libres principaux

Espèces réactifs	Réaction de formation	Propriétés
Le radical superoxyde (O <sub>2</sub> • <sup>-</sup> )	La formation de radical superoxyde se fait par l'addition d'un électron à l'oxygène $O_2 + e^- \longrightarrow O_2^{\bullet-}$ (Marfak, 2003; Antwerpen, 2006).	- Peu réactif - Entre comme agent oxydant dans la plupart des réactions (Marfak, 2003; Antwerpen, 2006).
Le radical Hydroxyle (OH•)	Produit à partir d'H <sub>2</sub> O et des Métaux de transition $H_2O_2 + Fe^{2+} \rightarrow OH^{\bullet} + Fe^{3+} + OH^-$ (Goudable et al., 1997)	- Un radical très réactif - Ces réactions sont connues sous le nom de réactions de fenton (Jakes et al., 2004)
Le peroxyde d'hydrogène (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	Formé par le radical superoxyde, SOD, 2H <sup>+</sup> $O_2^{\bullet-} + O_2^- \longrightarrow H_2O_2 + O_2$ (Raccah, 2004)	- Peu réactif mais il a une capacité de diffusion importante (Jakes et al., 2004)
L'oxyde nitrique (NO•)	Formé par les cellules endothéliales via l'action de NO sur L-Arginine (Haleng et al., 2007)	- Le NO• peut réagir avec le radical superoxyde comme un oxydant puissant et diffusible (Le peroxyde nitrique) (Haleng et al., 2007)

### II.3. Les principales cibles biologiques des espèces réactives de l'oxygène (ERO)

#### II.3.1. L'ADN

L'ADN est une cible principale, chaque partie d'ADN peut être attaquée par les ERO, cependant. La guanine, peut réagir avec •OH pour former la 8-hydroxy-2'-déoxyguano- sine (8-OH-dg) qui, au lieu de s'apparier avec la cytosine, s'associera avec l'adénine, entraînant des mutations au sein de l'ADN et conduisant à des altérations du

message génétique qui aboutissent à un cancer et du vieillissement (Dizdaroglu et al., 2002 ; Haleng et al., 2007).

### II.3.2. Les protéines

Les ERO peuvent aussi oxyder certaines protéines structurelles et inhiber le système protéolytique et parmi les acides aminés les plus réactifs il y'a : l'histidine, le tryptophane, la proline, la tyrosine et la cystéine l'attaque radicalaire de ces acides aminés provoquera l'oxydation de certains résidus avec, et ce qui cause, l'apparition de groupements carbonylés, des clivages de chaînes peptidiques et des ponts bi-tyrosine intra- et inter-chaînes. La majorité de ces dommages sont irréparables (Szweda et al., 2002 ; Haleng et al., 2007).

### II.3.3. Les lipides

#### A- les lipoprotéines

Les lipoprotéines peuvent être oxydés par les espèces réactives de l'oxygène (ERO) notamment les lipoprotéines de basse densité, formant de LDL oxydées qui seront captées par des macrophages pour former le dépôt lipidique de la plaque d'athérome des maladies cardiovasculaires (Gunther et al., 1999 ; Favier, 2003).

#### B- Les lipides membranaires

Les ERO ont aussi un effet oxydant sur les acides gras libres polyinsaturés qui participent dans la constitution des membranes cellulaires, ce qui déclenche la peroxydation lipidique et cette réaction peut modifier la fluidité des membranes cellulaires et augmenter la perméabilité membranaire (Radak et al., 1999 ; Cran, 2001).

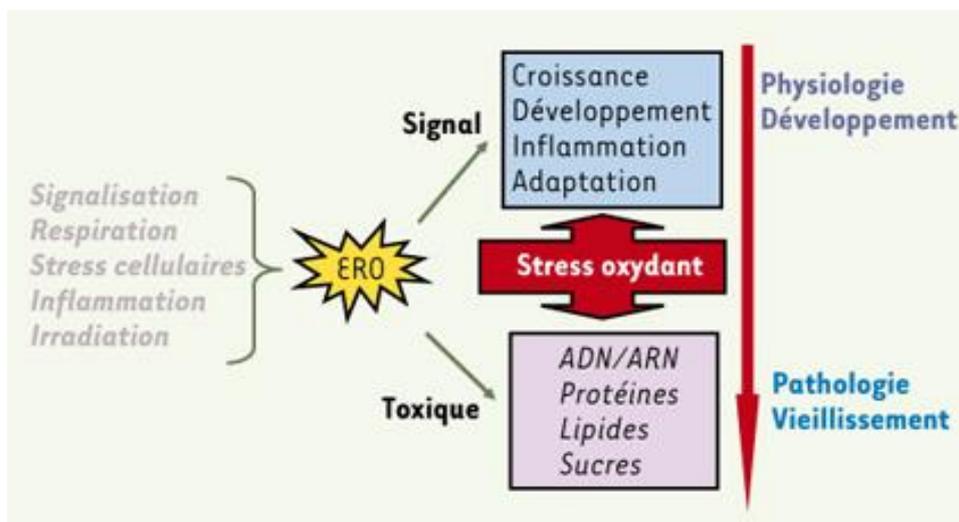


Figure 8 : Les effets des espèces réactives de l'oxygène (Barouki, 2006)

## II.4. Les antioxydants

L'organisme a besoin d'un système antioxydant qui a la capacité de réguler la production des ERO pour se protéger des effets néfastes du stress oxydatif. Ces antioxydants peuvent être des composés enzymatiques, des vitamines, des protéines et des oligoéléments (Pincemail et al., 2002).

### II.4.1. Les antioxydants endogènes

Les antioxydants endogènes sont des produits du métabolisme de l'organisme, ils contiennent des substances non enzymatiques (l'acide urique, mélatonine, les polyamines et certains protéines de liaison aux métaux), et des substances enzymatiques dont les plus efficaces sont la superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT) et la glutathion peroxydase (GPX) (Mironczuk et al., 2018).

#### II.4.1.1. La superoxyde dismutase SOD

Parmi les enzymes les plus efficaces il y a la superoxyde dismutase qui permet de catalyser le radical superoxyde par la réaction de dismutation (Zelko et al., 2002).

La superoxyde dismutase a deux formes : mitochondriale nécessite le manganèse comme cofacteur, et une forme cytoplasmique utilise les ions de cuivre et de zinc (Jakes et al., 2004).



#### II.4.1.2. La catalase (CAT)

La catalase est une enzyme antioxydante qui joue un rôle très important contre le stress oxydatif par sa réaction avec H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pour former de l'eau et de l'oxygène moléculaire : cette réaction catalyse la dismutation de peroxyde d'hydrogène.



#### II.4.1.3. La glutathion peroxydase (GPX)

La GPX est une enzyme à sélénium ayant la capacité de catalyser la réduction des hydroxyperoxydes, (Rahman et al., 2012). La glutathion peroxydase présente au niveau de cytoplasme et au mitochondrie ses principaux cofacteurs : le sélénium et le glutathion réduit (Jakes et al., 2004).



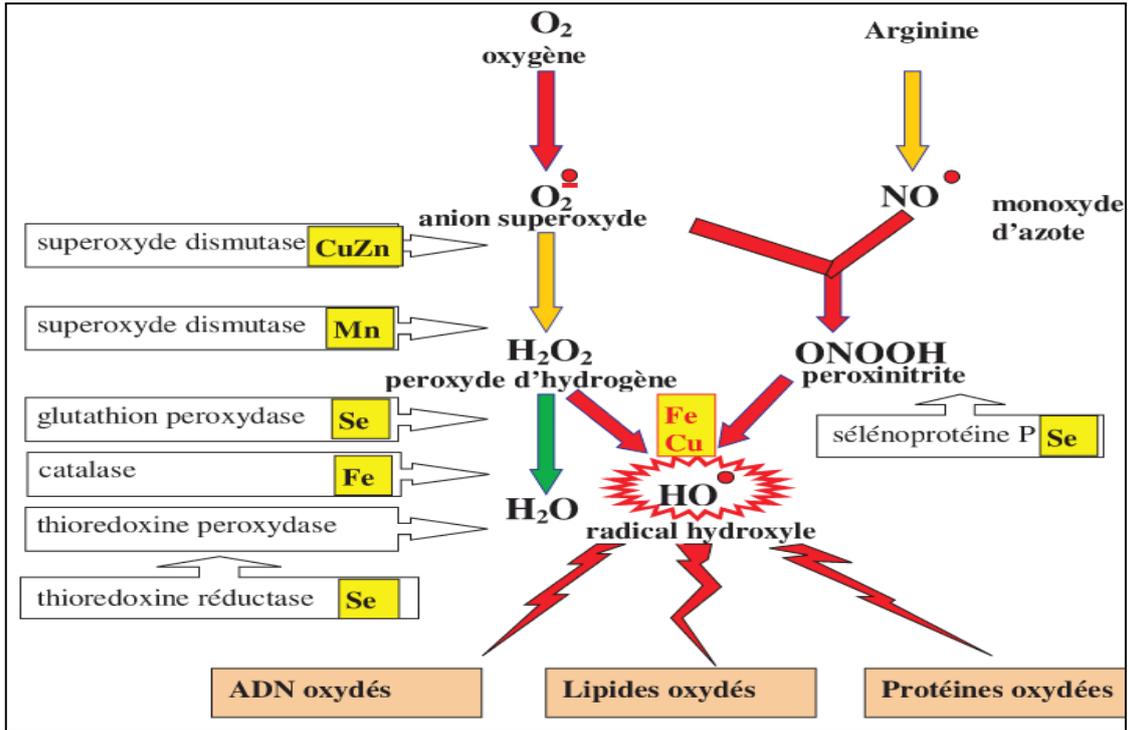


Figure 9 : Mode d'action des principaux antioxydants enzymatiques (Favier, 2003)

II.4.2. Les antioxydants exogènes

II.4.2.1. Les vitamines

a) Vitamine C

Est une vitamine hydrosoluble présente dans la majorité des fruits et certains légumes, avec sa forme ionisée elle peut piéger les radicaux libres. Aussi la vitamine C a un rôle de protection contre l'oxydation membranaire et de régénérer la vitamine E au niveau de la membrane (Bossokpi, 2002).

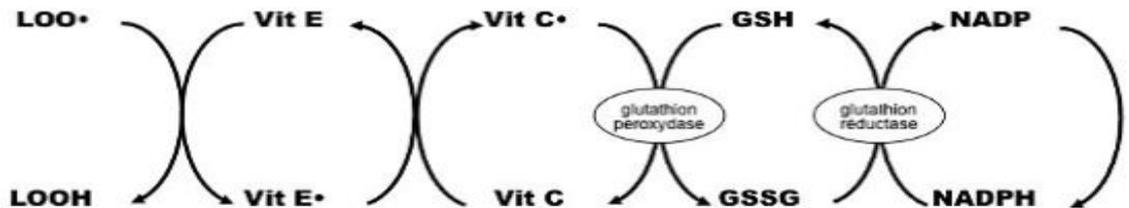


Figure 10 : Régénération de vitamine E par la vitamine C (Bossokpi, 2002)

**b) Vitamine E**

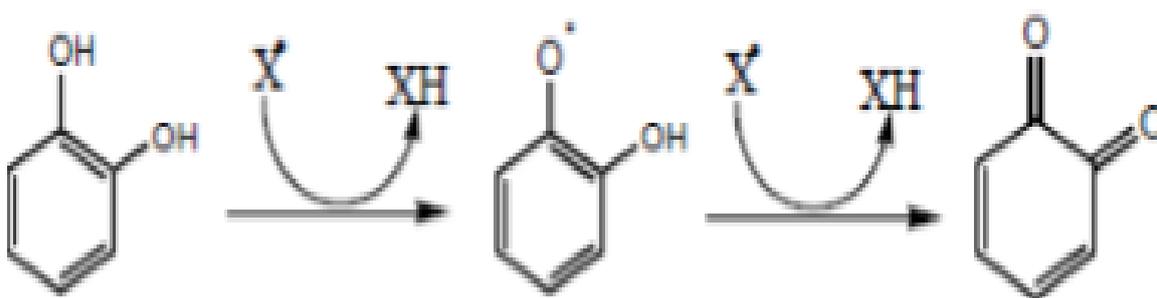
Est une vitamine liposoluble, sa réaction antioxydante réside en sa capacité de piéger les radicaux peroxydes lipidiques  $RO_2\cdot$ . la vitamine E interagit avec des autres antioxydants comme la vitamine C, et le GSH, qui ont la capacité à régénérer la vitamine E à partir de sa forme oxydée ( **Coombes et al., 2001 ; Gardès-Albert et al., 2003**).

**c)  $\beta$ -carotène**

Le  $\beta$ -carotène est un précurseur de vitamine A présent dans les légumes tels que la salade verte, les carottes, les épinards. C'est un antioxydant très actif qui a la capacité de piéger des espèces réactives de l'oxygène par la formation de dioxétane ou d'hydroperoxyde (**Bossokpi, 2002**).

**II.4.2.2. Les polyphénols**

Les polyphénols assurent une défense antioxydante importante par différents mécanismes, de façon directe ils ont la capacité de piéger des radicaux libres tels que le superoxyde, les alkoxydes, l'hydroxyle et les peroxydes, et de façon indirecte par l'inhibition des enzymes génératrices des ERO, ou par l'induction de la biosynthèse des antioxydants enzymatiques et ce sont de très bons chélateurs des métaux de transition comme le fer et le cuivre (**Halliwell, 1994**).



**Figure 11** : Piégeage d'un radical libre ( $X\cdot$ ) par un noyau catéchol (**Achat, 2013**).

**Tableau 4** : sources alimentaires des antioxydants (Leger, 2000 ; Koechlin, 2006 ; Pincemail et al., 2007).

Antioxydants	Source alimentaire
<b>Vitamine C</b>	Les oranges , Persil Choux de Bruxelles, Kiwi, Papaye ,brocoli, Fraise, Mangue, citron ,Pamplemousse , framboise, l'ail , les épinard , Tomate , Abricot, banane, cerise, raisin, Pomme, poire.
<b>Vitamine E</b>	Les oléagineux [noix, noisettes, amandes] , huile d'olives, huile de tournesol, les cacahuètes, Poissons.
<b>β-carotène</b>	Les carottes, les épinards, Pamplemousse rouge, les haricots, Tomates, Petits pois, Abricots, Pastèque, Chou de Bruxelles.
<b>Les polyphénols</b>	Fruits, orange, cerise, myrtilles Légumes, laitue, poireau, chou Le thé, café, lentilles, chocolat.

#### II.4.2.3. Les oligoéléments

Ce sont des micronutriments nécessaires au bon fonctionnement de notre organisme, présentent en faible quantité, ils agissent indirectement contre les ERO par leurs effets sur les enzymes antioxydantes (Desmier, 2016).

Tableau 5 : classification des oligo-éléments antioxydants (Haleng et al., 2007 ).

Oligo-éléments	Rôle	Sources
<b>Le cuivre</b>	Agir comme cofacteur d'enzymes principalement la superoxyde dismutase SOD.	L'avoine, Le son, Le foie de veau
<b>Le zinc</b>	Protection des groupements thiols des protéines,  Capacité d'inhibition de production des ERO,  Un cofacteur d'enzyme SOD.	Les légumes secs,  Les céréales complètes,  Les viandes et les poissons
<b>Le sélénium</b>	Il joue un rôle principal comme cofacteur de l'enzyme glutathion peroxydase (GPX).	Les poissons,  Les brocolis, l'ail, Le bœuf

# **Chapitre III**

## **Le Dattier de Désert**

### III.1. Définition

Le dattier de désert également connu sous le nom *Balanites aegyptiaca*, appartient de la famille des Zygophyllaceae qui contient 25 genres et 240 espèces et se trouve plus dans les régions tempérées chaudes et les plus séchés surtout en Afrique et aussi dans les régions tropicales (Chapagain et al., 2006).

**Régné :** Plantage

**Sous -régné :** Tracheobionta Super.

**Famille:** Zygophyllaceae

**Classe :** Magnoliopsida

**Sous- classe:** Rosidae

**Genre :** Balanites Delile

**Espèce :** *Balanites aegyptiaca*

**Nom commun :** Dattier de désert



**Figure 12 :** *Balanites aegyptiaca* (Tesfaye, 2015)

Cette plante est connue sous plusieurs noms dans les différentes régions du monde selon le pays, Par exemple, les noms arabes : Heglig (arbre), lalob (fruit) ; nom commercial : zachun ou zaccone, datte du désert (fruits secs) ; en Inde : elle s'appelle Hingot, en Éthiopie, le nom amharique est Bedeno et son nom anglais est thorn tree/desert date (Rathore et al., 2005).

### III.2. Utilisation traditionnelle

Presque tous les parties de la plante ont été utilisées pour traiter certaines maladies tels que le paludisme, le rhume, les plaies, la syphilis et les troubles du foie , aussi l'écorce de la plante est efficace dans le traitement de quelques maladies mentales , la jaunisse, la fièvre jaune, et la syphilis ; La racine bouillie de la plante peut agir contre contre les douleurs à l'estomac (Hamid et al., 2001).

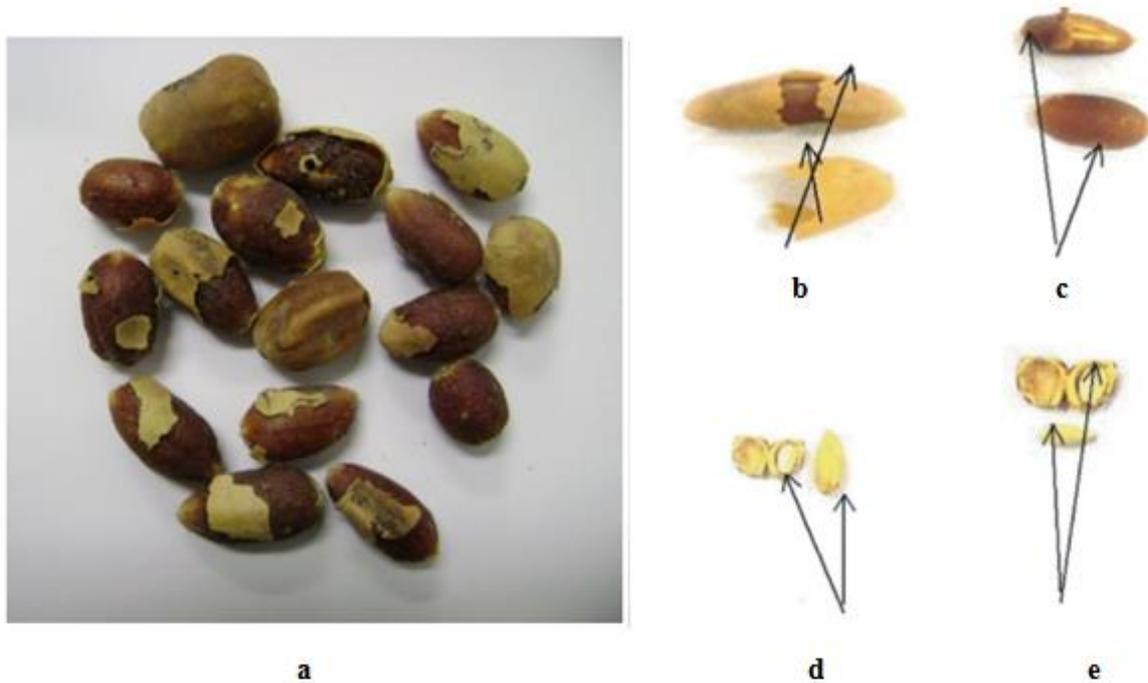
Le noyau de la graine est un produit riche en protéines, il contient une huile de bonne qualité (Mohamed et al., 2002). Cette huile est utile pour guérir des maladies de la peau (Anon, 1986).

### III.3. Description

*Balanites aegyptiaca* à un arbre épineux multi branche de 10 mètres de haut. ses feuilles sont alternes, à deux foliées, les pétioles mesurent entre 3 et 6 millimètres, la plante contient des épines simples, vertes et rigides,, ses fleurs sont petites .

Le fruit est une drupe ovoïde, trouvée dans une tige courte et épaisse mesure entre 2 à 5,6 centimètres de longueur, et il est légèrement Cannelée. Le fruit mûr est brun ou brun pâle (Yadav et al., 2010).

Le fruit de la plante de dattier de désert se compose d'un épicarpe, d'un mésocarpe ( la pulpe), d'un endocarpe et un noyau (amande) ( Mohamed, 2002) .



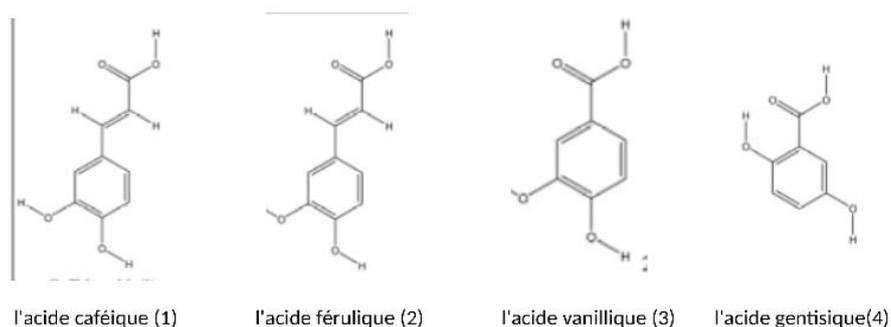
**Figure 13** Fruit de *Balanites aegyptiaca* (a) (Abdellah et al., 2012 ) ; Épicarpe(b); Mésocarpe (c); Endocarpe (d); Noyau (e) (Al-Thobaiti et al., 2018) .

### III.4. Constituants phytochimiques

*Balanites aegyptiaca* contient une gamme variée de métabolites secondaires, elle est riche en polyphénols tels que les flavonoïdes, les acides phénoliques et coumarines, des alcaloïdes, des stéroïdes, des saponines (saponines de spirostanol, saponines de furostanol et saponines stéroïdiennes à chaîne ouverte) et des glycosides de prégnane, isolés à travers des tissus végétaux, sous forme de fruits, de feuilles, de graines, de racines et de galles ou d'écorce de tige (Murthy et al., 2021).

#### III.4.1. Les polyphénols

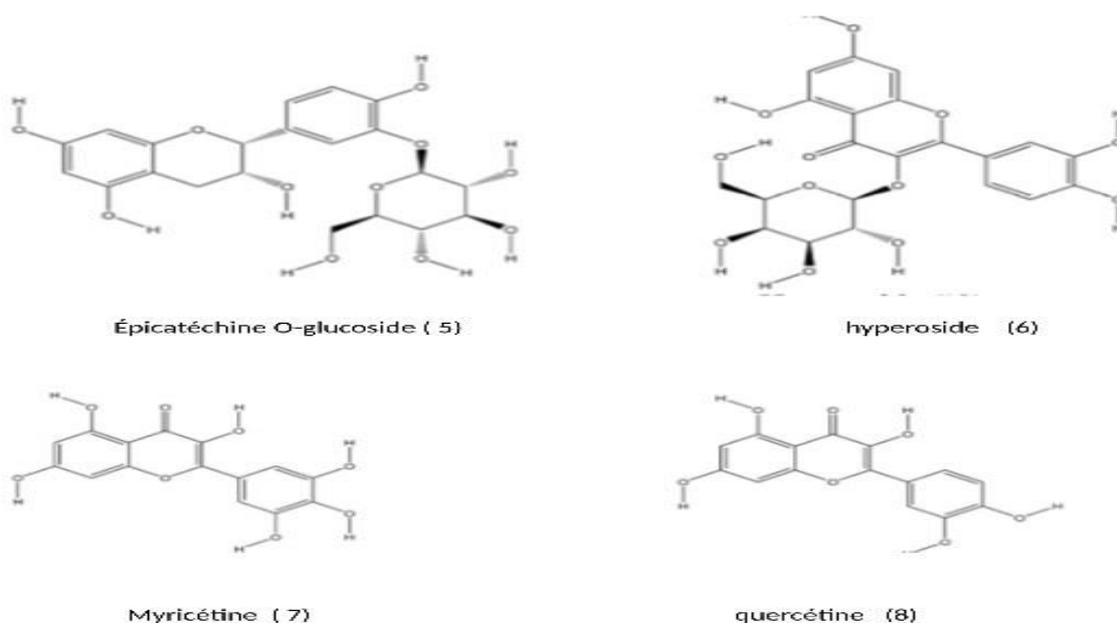
Les polyphénols sont des composés bioactifs qui jouent un rôle thérapeutiques naturels contre plusieurs maladies en particulier les maladies cardiovasculaires, des maladies dégénératives et les maladies neurodégénératives. *Balanite aegyptiaca* contient certains acides phénoliques comme l'acide caféique (1), l'acide férulique (2), l'acide vanillique (3) l'acide gentisique (4) (Tsao, 2010).



**Figure 14 :** Structures de quelques acides phénoliques isolés du dattier du désert (Murthy et al., 2021)

#### III.4.2. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes possède une structure diphenyl propane-flavone avec un pont à trois carbones entre les groupes phényle, cyclisé avec de l'oxygène, parmi les flavonoïdes présentent dans la plante de dattier de désert l'Épicatéchine O-glucoside (5), hyperoside (6), myricétine (7), quercétine (8) (Meda et al., 2011).



**Figure 15 :** Structures de quelques flavonoïdes isolés du dattier du désert  
(Murthy et al., 2021).

#### III.4.3. Les saponines

Les saponines sont des constituants bio organique qui ont une structure triterpénoïde ou stéroïdien Glycosylé, ces composés ayant de diverse propriétés biologiques antimicrobiennes, anti-inflammatoires, et anticancéreuses (El Aziz et al., 2019).

#### III.4.4. Les alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des métabolites secondaires qui contiennent des atomes d'azote basiques et présentent plusieurs activités biologiques, En particulier leur efficacité dans le traitement du cancer (Roberts et al., 1998).

#### III.5. Composition nutritionnelle

Le fruit de *Balanites aegyptiaca* contient de protéines, glucides, lipides aussi il est riche en vitamines dont la pro-vitamine A et en minéraux (le magnésium, le calcium, Le fer, le phosphore, le potassium et le sodium, le manganèse, le cuivre, le plomb, le chrome, le cobalt, et le sélénium) (Murthy et al., 2021).

**Tableau 6** : composition nutritionnelles de fruit de *Balanites aegyptiaca* (Admassu et al., 2013 ; Murthy et al., 2021)

composants(%)	pulpe	épicarpe	graines
<b>Humidité</b>	18.82	9.29	5.20
<b>Protéines</b>	6.39	6.26	32.40
<b>Glucides</b>	68.89	81.59	8.70
<b>Lipides</b>	0.24	0.23	49

### III.6. Activités biologiques

#### III.6.1. Activité antioxydante

Il a été déterminé que les noix et les fruits mineurs possèdent d'abondants des composés phytochimiques antioxydants et qu'ils sont bénéfique pour la santé (Murthy et al., 2020).

Les extraits aqueux de fruits ont été démontré plusieurs types de stress physiques et physiologiques conduisent à la surproduction dans le corps humain, et qui aboutissent à des dommages oxydatifs à l'ADN, aux protéines et lipides, qui sont responsables de certains troubles de santé tels que les maladies cardiovasculaires, le cancer et le vieillissement cellulaire (Khalil et al., 2016).

#### III.6.2. Activité antimicrobienne

Le fruit, les feuilles, l'écorce de racine et de tige sont des parties de la plante *Balanites aegyptiaca* qui présentent des activités antibactériennes et antifongiques qui ont été déterminés par plusieurs études (Doughari et al., 2007).

#### III.6.3. Activité antidiabétique

Plusieurs études ont montré que la plupart des parties de la plante *Balanites aegyptiaca* ont un effet antidiabétique par exemple des extraits polyphénolique de fruit ont réduit le taux de glucose sanguin ainsi que ont réduit l'activité de la glucose-6-phosphatase hépatique chez des rats diabétiques (Mohamed et al., 2006).

#### III.6.4. Activité anti-inflammatoire

L'activité anti-inflammatoire a été évaluée dans des extraits méthanoliques et éthanoliques de l'écorce dans deux modèles animaux différents, l'œdème induit par le carraghénane chez le rat et le test de contorsion induit par l'acide acétique chez la souris. L'extrait éthanolique de parties aériennes de *Balanite aegyptiaca*, lorsque administré par voie orale sous forme de suspension à 300 mg/kg de poids corporel par jour, a réduit le volume de la patte de 55,03 %, alors que dans le cas de l'administration de 600 mg/kg de poids corporel par jour, il était de 65,54 %, ce qui indique que l'effet était dose-dépendant (Speroni et al., 2005).

Les composés phytochimiques responsables de ces activités se sont avérés être des flavonoïdes, des saponines B1 et B2 isolées de l'écorce et des parties aériennes de la plante (Speroni et al., 2005 ; Gaur et al., 2008).

#### III.6.5. Autres activités

La plante de dattier de désert aussi présente d'autres activités biologiques qui lui donner une importance médicinale tels que des propriétés anticancéreuse, antibactérienne, Antifongique, activité molluscicide, activité insecticide (Yadav, 2010).

**PARTIE**

**EXPERIMENTALE**

**MATERIEL**

**ET METHODES**

Notre expérimentation a été réalisée au niveau de laboratoire de recherche des produits naturels (LAPRONA) de Tlemcen

### **I. Échantillonnage et préparation du matériel biologique végétal**

Les fruits du *Balanites aegyptiaca* ont été récoltés de la wilaya d'Adrar par le Dr Nani Abdelhafide maitre de conférences à l'université d'Adrar.

L'épicarpe et la pulpe ont été séparés et les amandes ont été récupérés et broyées et les trois parties (épicarpe, pulpe, amande) ont été conservés dans des bocaux en verre à l'obscurité.



**Figure 16 :** Les trois parties étudiées de fruit de *Balanites aegyptiaca*  
(A) : l'épicarpe            (B) : la pulpe (le mésocarpe)            (C) : amande

### **II. Extraction des composés phénoliques (Bruneton, 1999)**

#### **Mode opératoire:**

Pour obtenir des extraits de chaque partie de fruit, un procédé d'extraction des échantillons a été effectué comme suit:

- ❖ 2 g de chaque échantillon (épicarpe, pulpe, amande) ont été macérés dans 40 ml du mélange méthanol, acétone et eau distillée (7/7/6 ; V/V/V) sous agitation magnétique pendant 2 h.
- ❖ Le mélange a été filtré par un papier filtre, puis le liquide a été récupéré et l'échantillon a été re-extrait avec 40 ml du solvant d'extraction.
- ❖ Les deux filtrats ont été mélangés et dégraissés par l'hexane à l'aide d'une ampoule à décanter, puis séchés sous pression réduite à une température de 45°C à l'aide d'un rotavapeur.
- ❖ Les résidus de séchage ont été solubilisés dans 6 ml de méthanol.
- ❖ Les trois extraits ont été récupérés et conservés dans des tubes en verre au réfrigérateur.



**Figure 17** : Dégraissage par l'hexane  
À l'aide d'une ampoule à décanter  
(Photo originale)



**Figure 18** : rotavapeur (HANSHIN  
S&T CO., LTD)  
(Photo originale)

### III. Dosage colorimétrique des polyphénols totaux: par la méthode de (Bruneton, 1999)

#### Principe :

Cette méthode de dosage est basée sur le couplage du réactif Folin-Ciocalteu avec les composants phénoliques de la plante (Brune et al., 1991) où la réduction d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ) du réactif de Folin-Ciocalteu par les groupements oxydables dans les polyphénols de l'échantillon en milieu alcalin induit un développement d'une coloration bleu foncé due à la formation des oxydes métalliques  $W_8O_{23}/Mo_8O_{23}$  dont l'intensité est proportionnelle à la quantité des composés phénoliques présents dans l'échantillon. Cette coloration est mesurée au spectrophotomètre en utilisant l'acide gallique comme étalon (Catalano et al., 1999).

**Mode opératoire :**

Les polyphénols sont dosés dans les extraits bruts par colorimétrie comme suit :

- ❖ A 500  $\mu$ L de l'extrait, nous avons ajouté : 2500  $\mu$ L du réactif de Folin, 10 fois dilué, puis 2000  $\mu$ L de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  à 7.5%
- ❖ Le mélange a été agité puis incubé à l'obscurité pendant 1h à 20°C.
- ❖ La lecture d'absorbance des différentes concentrations a été faite contre un blanc à 765 nm dans un spectrophotomètre modèle jenway 7315

Une gamme d'étalonnage qui consiste la lecture des absorbances des différentes concentrations d'acide gallique a été préparée comme suit :

- ❖ Une solution mère d'acide gallique de concentration 0.3 mg/ml a été préparée.
- ❖ À partir de cette solution mère, les dilutions filles suivantes ont été préparées : 0,21 - 0,15 - 0,105 - 0,075- 0,06 - 0,045 - 0,024 mg/ml.
- ❖ 500  $\mu$ L de chaque concentration ont été traités en suivant la même procédure décrite ci-dessus pour l'échantillon.



**Figure 19 :** spectrophotomètre jenway 7315 (Photo originale)



**Figure 20 :** Gamme d'étalonnage des polyphénols totaux (Photo originale)

#### IV. Dosage colorimétrique des flavonoïdes (Ardestani et al., 2007)

##### Principe :

Le dosage des flavonoïdes est réalisé en utilisant la méthode colorimétrique au Trichlorure d'aluminium et la soude. Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre en position 5, ils sont susceptible de donner par son groupement CO, un complexe coloré avec le chlorure d'aluminium (**Ribereau et al., 1972; Boulekbache, 2005**). Et selon **Ribereau (1968)**, les flavonoïdes forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux « fer et aluminium ». la soude forme ensuite un complexe de couleur rose qui absorbe dans le visible à 510.

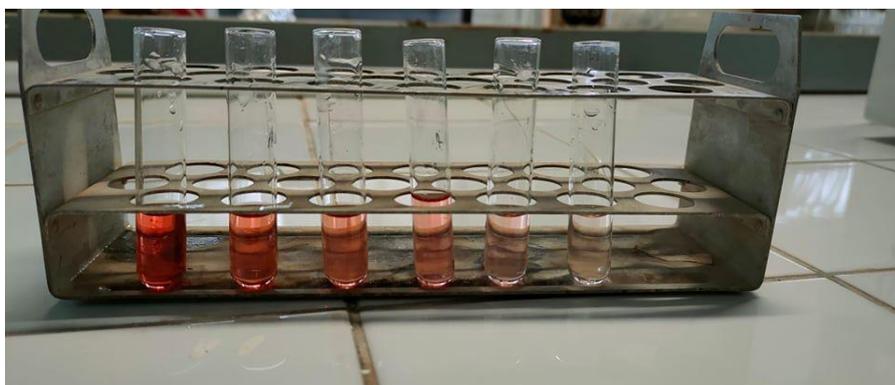
##### Mode opératoire :

Les flavonoïdes totaux sont dosés par colorimétrie comme suit :

- ❖ 700µL d'extrait brut sont mises dans des tubes, aux quels sont ajoutés 2 ml d'eau distillée, puis 150 µLNaNO<sub>2</sub> à 15% ;
- ❖ Après deux intervalles consécutifs de 6 min, 150µL (AlCl<sub>3</sub>, 6H<sub>2</sub>O) à 10%, ensuite 2000 µL NaOH à 4 % ont été rajoutés ;
- ❖ Les tubes sont incubés pendant 15 min à température ambiante
- ❖ La lecture de l'absorbance des différentes concentrations est faite contre un blanc à 510 nm dans un spectrophotomètre modèle jenway 7315

La courbe d'étalonnage a été établie comme suite

- ❖ Une solution mère de catéchine à 0.4 mg/ml a été préparée dans le MeOH
- ❖ À partir de la solution mère les dilutions filles suivantes ont été préparées : 0,36 - 0,28 - 0,2 - 0,12 - 0,08 – 0,04 mg/ml
- ❖ 700 µL de chaque concentration ont été traités avec la même procédure décrite ci-dessus.



**Figure 21 : Gamme d'étalonnage des flavonoïdes (Photo originale)**

## V. Dosage colorimétrique des tanins condensés

### Principe :

Les tanins condensés sont des polymères de flavan-3-ols liés par des liaisons de type C-C ou C-O-C (Bruneton, 1999 ; Jackson, 2010), ils sont déterminés par la méthode du vanilline en milieu acide. Le principe de ce dosage est basé sur la fixation du groupement aldéhydique de vanilline sur le carbone 6 du cycle A de la catéchine pour former un complexe chromophore rouge qui absorbe la lumière à 500 nm (Schofield et al., 2001 ; Mahmoudi et al., 2013).

### Mode opératoire :

- ❖ 400µL d'extrait sont mise dans des tubes, auxquels sont ajoutés 3000 µL du Réactif vanilline (4%de vanilline dans le méthanol) ; 150µL d'HCl à 37% sont ensuite ajoutés ;
- ❖ Les tubes sont incubés pendant 20 min à température ambiante ;
- ❖ La lecture de l'absorbance des différentes concentrations est faite contre un blanc à 500nm dans un spectrophotomètre modèle jenway 7315

La courbe d'étalonnage a été établie comme suite :

- ❖ Une solution mère de catéchine à 0.5 mg/ml a été préparée dans le MeOH;
- ❖ À partir de la solution mère les dilutions filles suivantes ont été préparées : 0,5 - 0,45 - 0,4 - 0,3 - 0,2 - 0,1-0.05 mg/mL;
- ❖ 400 µL de chaque concentration ont été traités avec la même procédure décrite ci-dessus.



**Figure 22 :** Gamme d'étalonnage des tanins condensés (Photo originale)

## VI. Mesure du pouvoir antioxydant des extraits du *Balanites aegyptiaca*

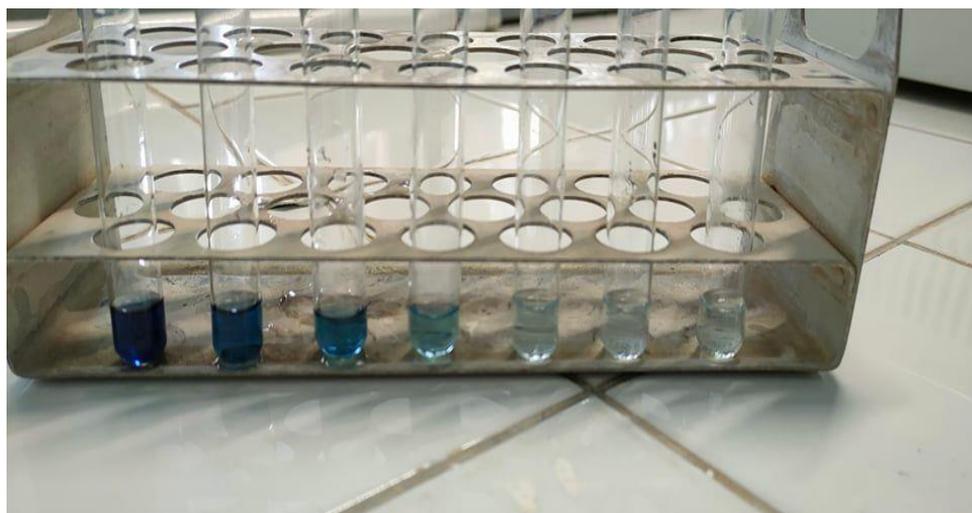
### VI.1. La capacité antioxydante totale (CAT)

#### Principe :

La capacité antioxydante totale (CAT) des extraits des plantes est évaluée par la méthode de Phosphomolybdène. Cette technique est basée sur la réduction de molybdène Mo (VI) présent sous la forme d'ions molybdate  $\text{MoO}_4^{2-}$  à molybdène Mo (V)  $\text{MoO}_2^+$  en présence d'extrait pour former un complexe vert de phosphate/ Mo(V) à pH acide (Prieto et al., 1999).

#### Mode opératoire:

- ❖ Un volume de 0.3 ml de chaque extrait méthanolique est mélangé avec 3 ml de Solution du réactif (0.6 M acide sulfurique, 28 mM de phosphate de sodium et 4 mM de molybdate d'ammonium).
- ❖ Les tubes sont vissés et incubés à  $95^\circ\text{C}$  pendant 90 min.
- ❖ Après refroidissement, l'absorbance des solutions est mesurée à 695 nm Contre le blanc qui contient 3 ml de la solution du réactif et 0.3 ml du méthanol et il est incubé dans les mêmes conditions que l'échantillon.
- ❖ La capacité antioxydante totale est exprimée en milligramme équivalents d'acide ascorbique par gramme de la matière sèche (mg EAA/ g MS) (Prieto et al., 1999).



**Figure 23:** Gamme d'étalonnage d'acide ascorbique  
(Photo originale)

## **VI.2. Détermination du pouvoir réducteur du fer : FRAP (Ferric reducing Antioxydant power) (Singleton et al., 1965).**

### **Principe**

Le pouvoir réducteur d'un extrait est associé à son activité antioxydant, cette méthode est développée pour mesurer la capacité des extraits testés à réduire le fer ferrique ( $Fe^{3+}$ ) présent dans le complexe  $K_3Fe(CN)_6$  en fer ferreux ( $Fe^{2+}$ ). En effet, le  $Fe^{3+}$  participe à la production du radical hydroxyle par la réaction de Fenton. L'absorbance de milieu réactionnel est déterminée à 700nm (**Hubert, 2006**).

### **Mode opératoire**

- ❖ 1 ml de l'extrait à différentes concentrations a été préparé
- ❖ 2,5ml d'une solution tampon phosphate 0,2 M (pH 6,6) et 2,5ml d'une solution de ferricyanure de potassium  $K_3Fe(CN)_6$  à 1% ont été ajoutés.
- ❖ L'ensemble est incubé à 50°C pendant 20 min. puis on ajoute 2.5ml d'acide trichloroacétique ( $C_2HCl_3O_2$ ) à 10% (pour le but de stopper la réaction).
- ❖ Les tubes sont centrifugés à 3000 rpm pendant 10min.
- ❖ Un aliquote (2,5ml) de surnageant est combinée avec 2,5ml d'eau distillée et 0,5ml d'une solution aqueuse de  $FeCl_3$  (Chlorure ferrique) à 0,1%.
- ❖ La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel se fait à 700 nm contre un blanc semblablement préparé.
- ❖ Le contrôle positif est représenté par un standard d'un antioxydant; BHA (hydroxyanisole butylé), dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons.



**Figure 24 : Gamme d'étalonnage de BHA (photo original)**

## **VII. Analyse statistique**

Trois répétitions ont été réalisées pour chaque échantillons et les résultats ont été exprimé sous forme : moyenne  $\pm$  écartype.

Des comparaisons statistiques ont été effectuées en utilisant l'Excel par le test ANOVA 1 ou la différence est considéré comme :

- non significative si  $p > 0.05$ .
- significative si  $0.05 \geq p > 0.01$ .
- très significative si  $0.01 \geq p > 0.001$ .
- hautement significative si  $p \leq 0.001$ .

Les comparaisons ont été fait par rapport aux deux parties : la pulpe (\*) et l'épicerpe (+).

# **RESULTATS ET DISCUSSIONS**

## **I. Rendements des extraits**

Après la récupération des extraits polyphénoliques, nous avons déterminé les rendements d'extractions par rapport au poids des échantillons avant et après l'évaporation, Nous constatons que le meilleur taux des extraits était de la pulpe (62,75%) puis l'épicarpe (23,95%), l'amande a le rendement le plus inférieur (4,9 %).

**Tableau 7** : rendements des extractions en pourcentage.

Extraits	épicarpe	pulpe	amande
Rendements %.	23,95	62,75	4,9

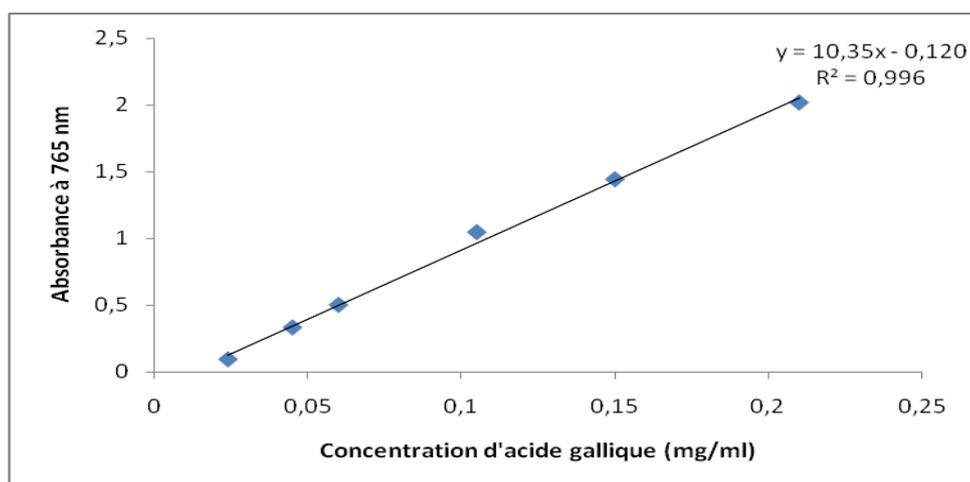
## **II. Détermination de la teneur en composés phénoliques**

Les dosages spectrophotométriques avaient pour objectif de déterminer la teneur des polyphénols totaux, flavonoïdes et des tanins condensés.

### **II.1. Détermination de la teneur en polyphénols totaux**

La teneur en polyphénols totaux des différents extraits de fruit de *Balanites aegyptiaca* a été déterminée par la méthode de **(Bruneton, 1999)** .La courbe d'étalonnage a été tracée en utilisant l'acide gallique comme standard et leurs absorbances ont été enregistrés à 765 nm.

Le taux de polyphénols totaux est déterminé à partir de l'équation de régression linéaire de la gamme d'étalonnage d'acide gallique :  $Abs=10,35C-0,120$ , (**figure 23**). Après le calcul, la teneur de polyphénol trouvée est exprimée en milligramme équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g M.S).

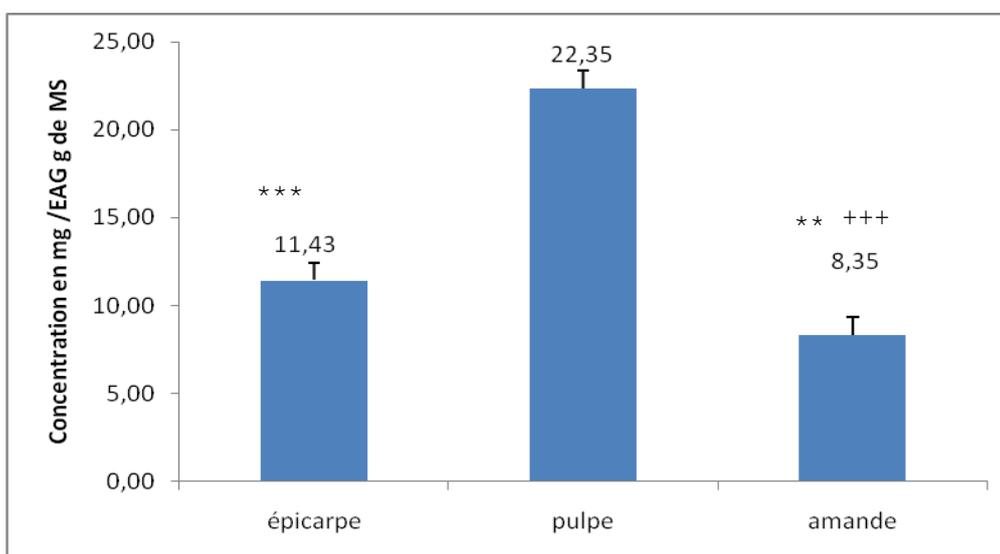


**Figure 25 :** Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux

D'après les résultats présentés dans la **figure 26** on peut constater que les extraits polyphénoliques de fruit de la plante étudiés contiennent des polyphénols avec des quantités différentes.

Il ressort que la partie pulpe est la plus riche en polyphénols suivi par l'épicerpe puis l'amande qui ont des teneurs de  $22,35 \pm 1,73$  mg EAG/g de M.S ;  $11,43 \pm 0,08$  mg EAG/g de MS ;  $8,35 \pm 1,7$  mg EAG/g de MS respectivement,

D'après l'étude statistique la différence entre les trois parties de plante est hautement significative.



**Figure 26 :** Teneur en polyphénols totaux en mg EAG/g de M.S.

Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  EC. La comparaison des moyennes est effectuée par le test ANOVA.

\*\*,\*\*\* représente  $p < 0,01$ ,  $P < 0,001$  respectivement comparé à la pulpe

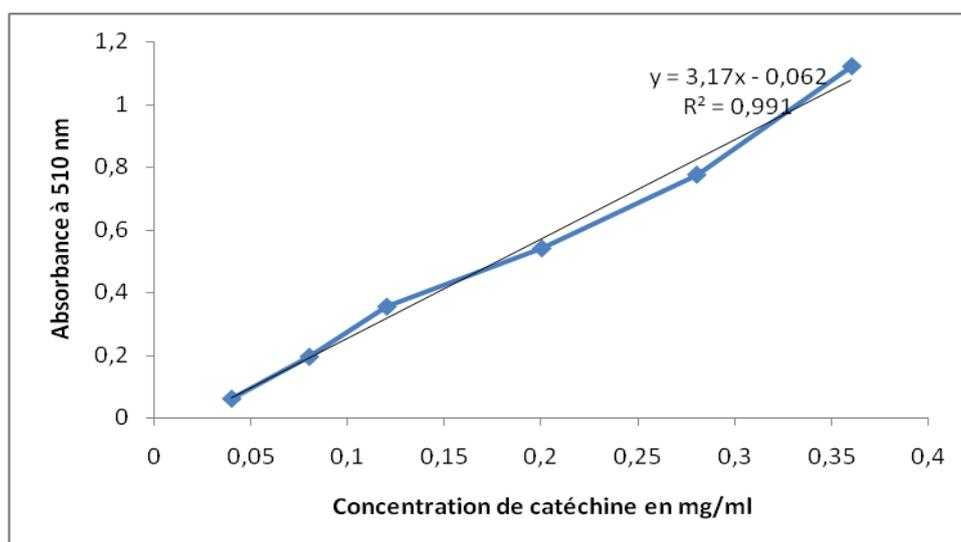
+++ représente  $p < 0,001$  comparé à l'épicerpe

Notre travail indique que la pulpe a une teneur importante en polyphénols, ce qui est confirmé par l'étude de **Mohamed et al (2015)** qui a révélé la présence des polyphénols dans le fruit de *Balanites aegyptiaca* notamment la partie pulpe avec une quantité considérable (77.5 mg EAG/g).

La plante *Balanites aegyptiaca* contient une gamme importante des composés polyphénoliques non flavonoïdes tels que l'acide caféique ; l'acide vanillique, l'acide férulique , l'acide gentisique , l'acide p-coumarique , l'acide sinapic , l'acide syringique, 2-méthoxy-3(-2propényl)-phénol, le 2-méthoxy-4- vinylphénol, 2,6-diméthoxyphénol 2-méthoxy-4-(1-propényl)-phénol, 2,4- di-tert-butyl-phénol, 2,6-di-tert-butyl-phénol et 3-hydroxy-1-(4-hydroxy-3-méthoxyphényl)-1propanone (**Sarker et al., 2000; Kusch et al., 2011; Meda et al., 2011**).

## II.2. Détermination de la teneur en flavonoïdes

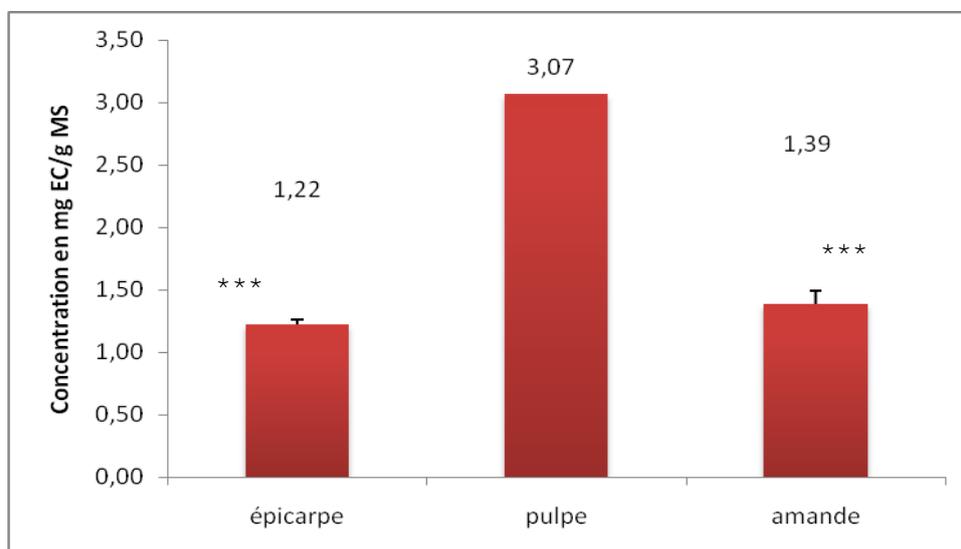
La teneur en flavonoïdes d'extrait polyphénolique de fruit de *Balanites aegyptiaca* a été déterminée par la méthode d'**Ardestani et al (2007)**. Le taux de flavonoïdes est déterminé à partir de l'équation de régression linéaire de la gamme d'étalonnage de catéchine :  $Abs = 3,17C - 0,062$ , (figure 27). Après le calcul, la teneur de flavonoïdes trouvée est exprimée en milligramme équivalent de catéchine par gramme de matière sèche (mg EC/g M.S.).



**Figure 27** : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.

## Résultat et discussions

Les résultats obtenus sont représentés dans la **figure 28**, on constate que la partie la plus riche en flavonoïdes est la pulpe (3,07 mg EC/g MS) suivi par l'amande (1,39 ±0,1 mg EC/g MS) et l'épicarpe (1,22 ±0,04 mg EC/MS). Sachant que la différence entre la pulpe et les deux autres parties (l'amande et l'épicarpe) du fruit est très hautement significatif.



**Figure 28 :** Teneur en flavonoïdes en mg EC/g M.S

Chaque valeur représente la moyenne ± EC. La comparaison des moyennes est effectuée par le test ANOVA.

\*\*\* représente  $P < 0.001$  comparé à la pulpe.

La présence des flavonoïdes dans le fruit de *Balanites aegyptiaca* a été confirmée par des études précédentes (Mohamed et al., 2015; Muid, 2016 ; Alhassan et al., 2018).

Muid (2016) a indiqué la présence des flavonoïdes dans l'épicarpe et la pulpe.

Aussi l'étude qui a été faite par Mohamed et al (2015) a déterminé la teneur de pulpe en flavonoïdes (9,5 mg EC g/MS).

Les résultats obtenus par Alhassan et al (2018) indiquent la présence des flavonoïdes dans l'amande de fruit de *Balanites aegyptiaca* avec une teneur de  $3.8833 \pm 2.08$  mg/ g.MS.

*Balanites aegyptiaca* contient une diversité de composés bioactifs dont les flavonoïdes, à savoir, la quercétine-3-rutinoside; 3-glucoside, 3- rutinoside, la quercétine 3-glucoside 3-7-diglucoside et 3- rhamnogalactoside d'isorhamnétine (furostanol glycoside) et 6 méthyldiosgénine, balanitine-3 (spirostanol glycoside), balanitine-6 et -7 diosgényl (Tesfaye, 2015).

Plus précisément le fruit de *Balanites aegyptiaca* présente des différentes molécules tels que Quercétine; Isorhamnétine; Quercétine 3-rutinoside (rutine); isorhamnétine-3-O-glucoside; isorhamnétine 3-rutinoside; Épicatéchine O-glucoside (Frag et al., 2015; Shafik et al., 2016).

### II.3. Détermination de la teneur en tanins condensés

La teneur en tanins condensés des extraits polyphénoliques de fruit de *Balanites aegyptiaca* a été déterminée grâce à l'équation de régression linéaire de la courbe d'étalonnage de catéchine :  $Abs = 0,147C + 0,057$  (figure 29). Après le calcul, la teneur en tanins trouvée est exprimée en milligramme équivalent de catéchine par gramme de matière sèche (mg EC/g M.S).

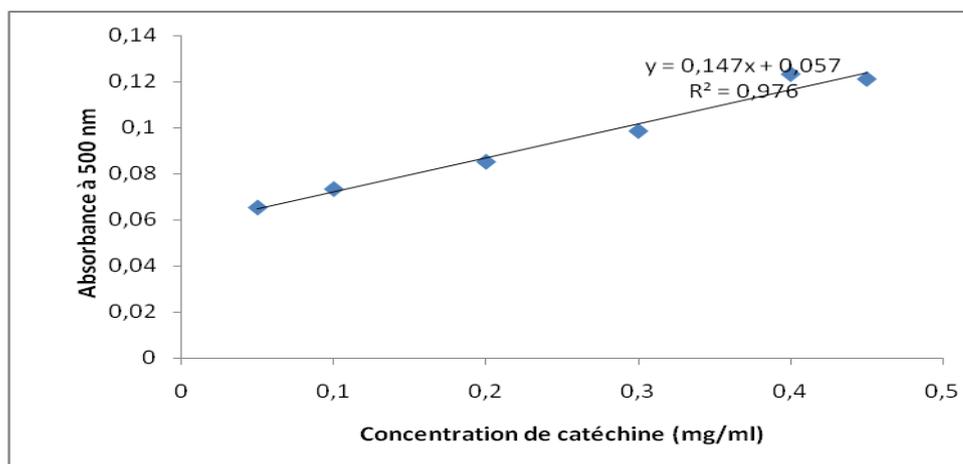


Figure 29 : Courbe d'étalonnage des tanins condensés

Les teneurs des extraits polyphénoliques de fruit de *Balanites aegyptiaca* en tanins condensés sont présentés dans la figure 30.

On remarque que la pulpe est riche en tanins suivi par l'amande puis l'épicarpe avec des valeurs de  $2,78 \pm 0,1$  mg EC/g Ms;  $1,89 \pm 0,3$  mgEC/g MS ;  $0,21 \pm 0,1$  mg EC/g Ms respectivement. La différence entre la pulpe et l'épicarpe est hautement significatif d'autre part la différence entre l'épicarpe et l'amande est significatif.

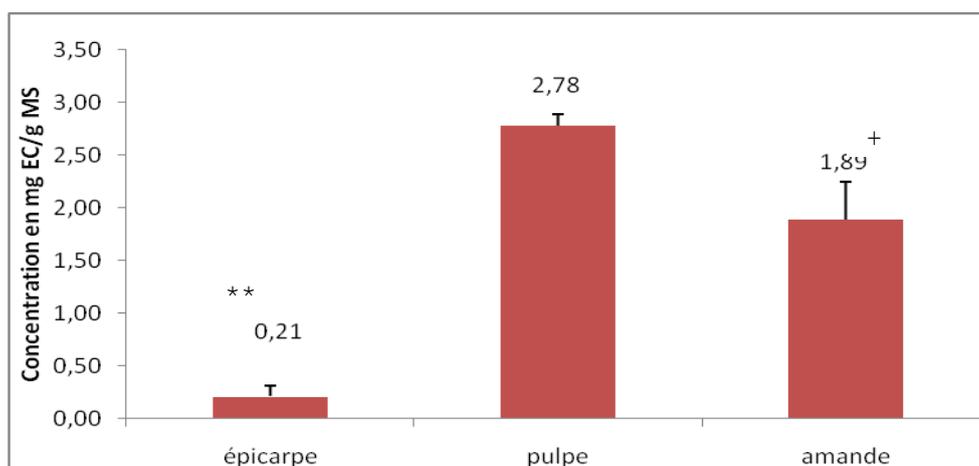


Figure 30 : Teneurs en tanins condensés en mg EC/g M.S

Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  EC. La comparaison des moyennes est effectuée par le test ANOVA.

\*\* représente  $0,01 \geq p > 0,001$  comparé à la pulpe.

+ représente  $0,05 \geq p > 0,01$  comparé à l'épicarpe.

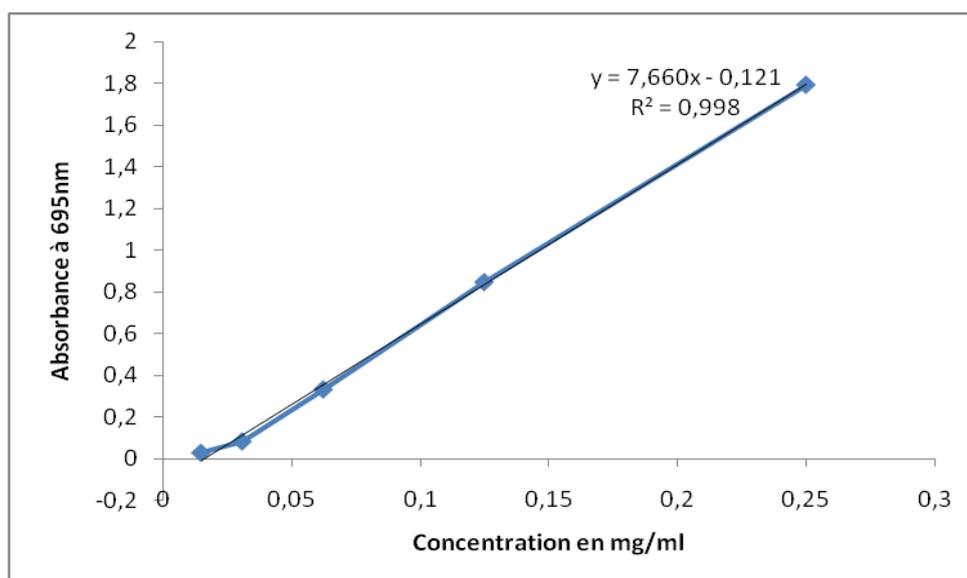
Nos résultats sont en accord avec **Achaglinkame et al (2019)** qui a indiqué la présence des tanins dans la pulpe avec une valeur de 0,40 mg/g MS et **Samuel et al (1997)** qui a montré que l'amande contient des tanins (0,275 mg/g Ms). D'après ces deux études nous avons confirmé que la pulpe de fruit de *Balanites aegyptiaca* est plus riche en tanins par rapport à l'amande.

### III. Evaluation de l'activité antioxydante

#### III.1. Méthode de la Capacité antioxydant totale (CAT)

La Capacité antioxydant totale CAT des extraits polyphénoliques de fruit de la plante de *Balanites aegyptiaca* est déterminée par la méthode de **Prieto et al., (1999)**.

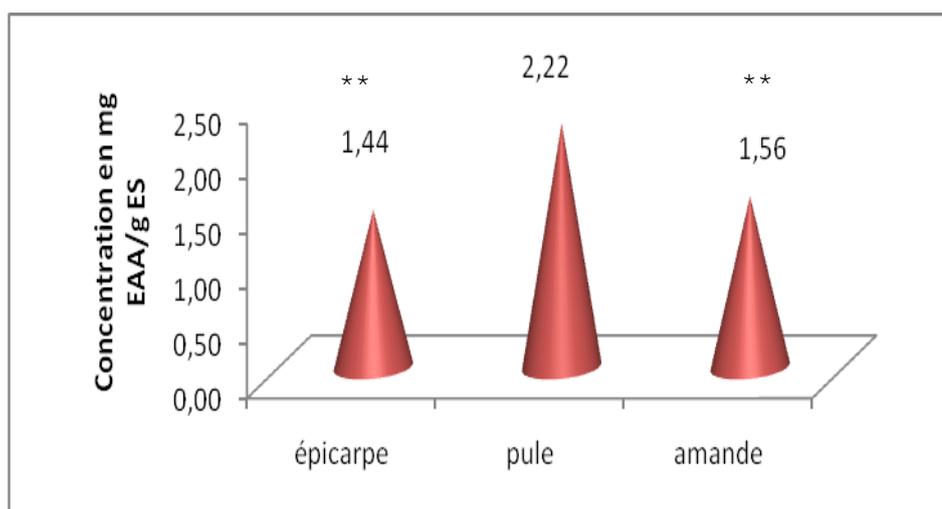
L'activité antioxydante a été estimée grâce à une courbe d'étalonnage d'acide ascorbique à différentes concentrations. Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide Ascorbiques par g d'extrait (mg EAA/ g d'extrait sec). La courbe d'étalonnage suit une équation de type :  $y=7,660x-0,121$ .



**Figure 31** : courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique de test "CAT"

Les résultats de l'activité antioxydante total sont obtenues en mg EAA/ g ES à partir de la courbe d'étalonnage d'acide ascorbique (figure 32).

Les résultats présentés dans la figure 32 montrent que la pulpe a la capacité antioxydante la plus élevée suivie par l'amande et l'épicarpe avec des valeurs de  $2,22 \pm 0,09$  mg EAA/ g ES ;  $1,56 \pm 0,1$  mg EAA/ g ES ;  $1,44 \pm 0,1$  mg EAA/ g ES respectivement. L'étude statistique a montré une différence hautement significative entre la pulpe et les deux parties du fruit (épicarpe et l'amande).



**Figure 32 :** La capacité antioxydante totale des extraits polyphénoliques de fruit de *Balanites aegyptiaca* en mg EAA/ g ES

Chaque valeur représente la moyenne  $\pm$  EC. La comparaison des moyennes est effectuée par le test ANOVA.

\*\* représente  $0.01 \geq p > 0.001$  comparé à la pulpe.

Les résultats de notre travail sont relativement en accord avec ceux rapportés dans l'étude réalisée par **Abdel-Farid et Alsayed (2021)** qui ont montré que la pulpe de fruit de *Balanites aegyptiaca* a une capacité antioxydante totale de  $2.08 \pm 0.65$  mg EAA/g ES. La capacité antioxydante de la plante de dattier de désert dû essentiellement à la présence des différents composés phénoliques (**Murthy et al., 2020**).

### **III .2. Test du pouvoir réducteur du Fer: FRAP (Ferric reducing antioxidant power)**

La détermination de pouvoir réducteur des différentes parties de fruit de *Balanites aegyptiaca* est réalisée par la méthode de **Singleton et Rossi (1965)**. Le pouvoir antioxydant a été déterminé à partir des absorbances mesurées en fonction des différentes concentrations. Plus les valeurs d'absorbance sont élevés plus l'activité de l'extrait est forte.

Le pouvoir réducteur des extraits polyphénoliques de fruit de *Balanites aegyptiaca* est exprimée en IC50 (**figure 35**) qui définit la concentration efficace du substrat qui cause réduction de 50% du fer , Ces IC50 sont déterminées à partir des équations de regression des graphes (**Figures : 33, 34**), plus la valeur de IC50 est petite plus l'extrait est considéré comme un antioxydant puissant

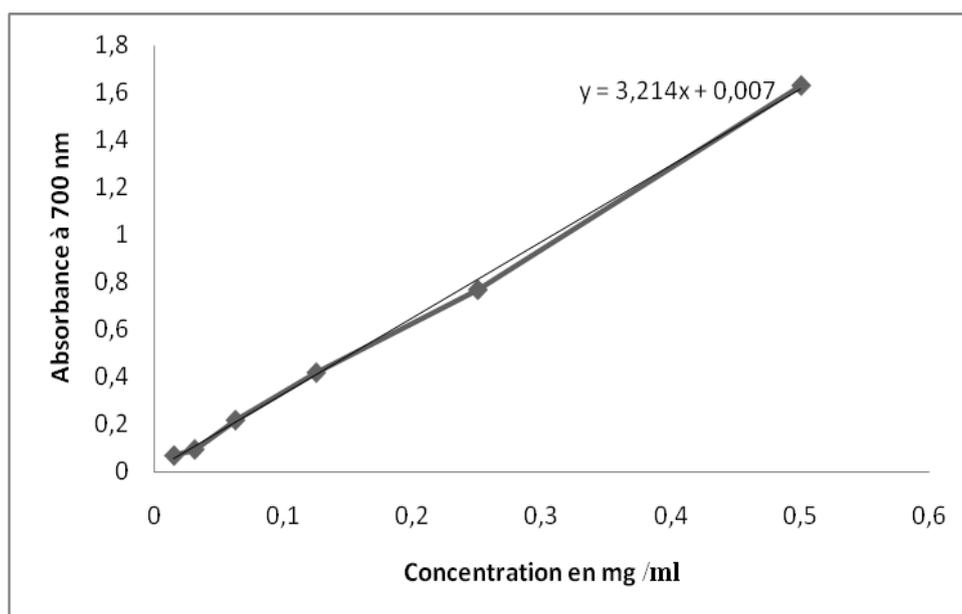


Figure 33 : Courbe d'étalonnage de BHA pour le test "FRAP"

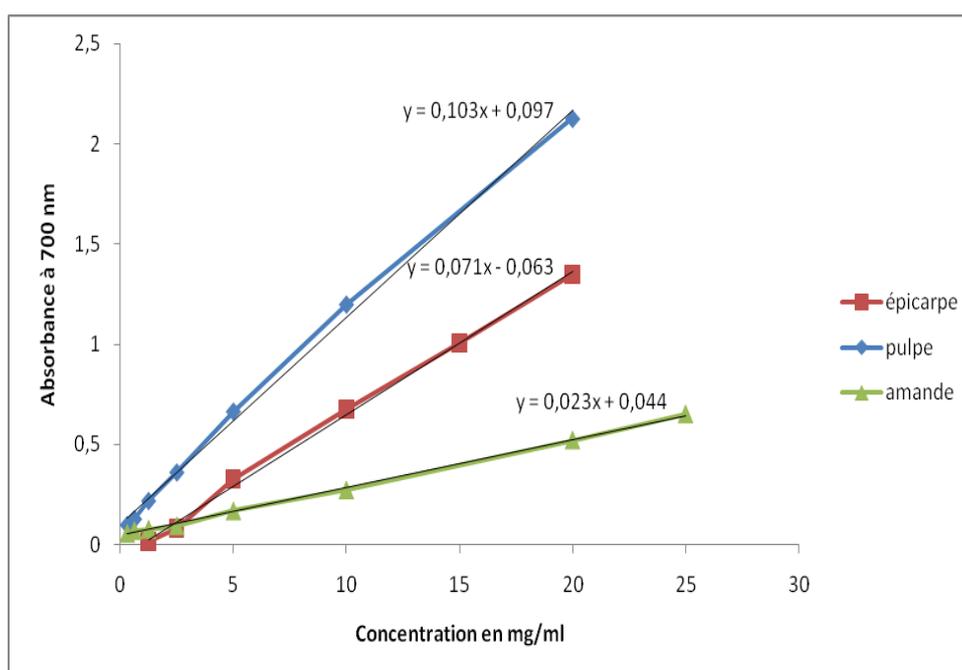
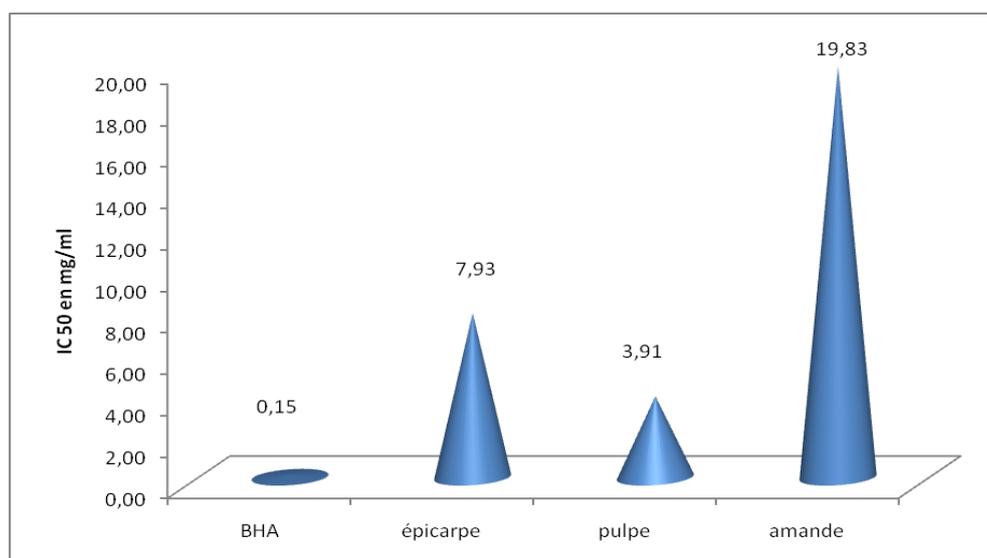


Figure 34 : Pouvoir réducteur d'extrait polyphénolique de fruit de *Balanites aegyptiaca*

Notre travail montre que le pouvoir réducteur le plus élevé qui correspond à la valeur d'IC50 la plus faible a été enregistrée avec la pulpe avec une concentration de IC50 égale à 3,91 mg/ml suivi par l'épicarpe avec une concentration de IC50 égale à 7,93mg/ml, par contre l'amande présente le pouvoir réducteur le plus faible avec une IC50 de 19,83mg/ml. Ces activités antioxydantes sont faibles en comparaison avec le standard BHA (IC50=0,15 mg/ml).



**Figure 35 :** Les valeurs des IC50 de BHA et des extraits polyphénoliques de fruit de *Balanites aegyptiaca*

Les différentes parties de la plante de *Balanites aegyptiaca* ont une activité antioxydante tels que les galles et les feuilles (**Meda et al., 2010**).

Nos résultats sont en accord avec l'étude de **Abdallah et al., (2012)** qui ont montré que la pulpe a une activité antioxydante, et il a trouvé que l'extrait phénolique de la pulpe a un pouvoir antiradicalaire plus faible par rapport au standard BHT.

Selon l'étude d'**Abdel-Farid et Alsayed (2021)** la pulpe de fruit de *Balanites aegyptiaca* a une activité antioxydante importante due à sa richesse en métabolites secondaire notamment les polyphénols et les flavonoïdes.

# CONCLUSION

## Conclusion

---

Les plantes médicinales sont des sources importantes des composants bioactifs naturels tels que les polyphénols, qu'ils sont connus par leurs propriétés thérapeutiques grâce à leur effet antioxydant par la prévention des dommages oxydatifs et leur capacité de piéger les radicaux libres, ainsi qu'ils ont d'autres propriétés biologiques (antifongique, antimicrobienne et anti-athérogénique), ce qui les rend les plus intéressants et les plus étudiés par beaucoup de chercheurs.

*Balanite aegyptiaca* connue aussi sous le nom de dattier de désert est une plante médicinale riche en métabolites secondaires tel que les polyphénols ; les flavonoïdes, les alcaloïdes et les saponines, elle est caractérisé par ses propriétés biologiques notamment l'activité antioxydante.

Notre étude a pour objectif de déterminer les teneurs en composés phénoliques (polyphénols, Flavonoïdes, tanins), d'évaluer l'activité antioxydante d'extrait polyphénolique des trois parties de fruit (épicarpe, pulpe, amande) de *Balanite aegyptiaca*.

L'évaluation du contenu des polyphénols totaux en adoptant la méthode de Folin-Ciocalteu a révélé la présence de quantités importantes de polyphénols, par ailleurs, nous avons démontré que l'extrait de la pulpe est le plus riche en polyphénols. Le dosage colorimétrique des flavonoïdes montre que la pulpe est la plus riche en flavonoïdes suivi par l'amande et l'épicarpe. Ainsi que nos résultats montrent que la pulpe et l'amande sont riches en tanins condensés par contre l'épicarpe est pauvre en tanins.

Le pouvoir antioxydant a été déterminé par les méthodes de la capacité antioxydante totale (CAT) et la réduction de fer (FRAP) qui ont révélé que les extraits poly phénoliques des trois parties de fruit de *Balanite aegyptiaca* ont une capacité antioxydante importante, en revanche la pulpe possède le pouvoir antioxydant le plus élevé.

D'après nos résultats on peut déduire que le pouvoir antioxydant de fruit de *Balanites aegyptiaca* due essentiellement à la présence des différentes métabolites secondaires dans la plante notamment les polyphénols et les flavonoïdes.

Il serait donc intéressant d'élargir l'étude quantitative en composés phénoliques de fruit du *Balanites aegyptiaca* par des techniques de séparation de pointe telle l'HPLC. D'étudier d'autres activités de fruit du *Balanites aegyptiaca* comme l'activité anti-inflammatoire et anti obésité

REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES

**A**

- **AbdallahEmad M., Ben Hsouna A. Al-Khalifa and Khalifa S.** (2012). Antimicrobial, antioxidant and phytochemical investigation of balanites aegyptiaca (L.) del. Edible fruit from Sudan. Center of Biotechnology of Sfax, P. O. Box 1177, 3018 Sfax, Tunisia.
- **Abdel-Farid I. B., El-Sayed M. A.R.** (2021). Phytochemical analysis of the desert date Balanites aegyptiaca. Egyptian Journal of Botany. Vol. 61(1), pp. 95-103.
- **Aboura I., Nani A., Belarbi M., Murtaza B., Fluckiger A., Dumont, A., ... & Khan, N. A.** (2017). Protective effects of polyphenol-rich infusions from carob (Ceratoniasiliqua) leaves and cladodes of Opuntiaficus-indica against inflammation associated with dietinduced obesity and DSS-induced colitis in Swiss mice. Biomedicine & Pharmacotherapy, 96, 1022-1035.
- **Achaglinkame M.A., Aderibigbe R.O., Hensel O., Sturm B., Korese, K.** (2019). Nutritional characteristics of four underutilized wild fruits of dietary interest in Ghana. Foods vol8. 104.
- **Achat S.** (2013). Polyphénols de l'alimentation: extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques. . Université d'Avignon; Université Abderrahmane Mira - Thèse de doctorat. Bejaïa (Bejaïa, Algérie).
- **Admassu M., Bekele A., and Cherl K., .Jae.** (2013). Nutritional composition of balanites aegyptiaca (desert date) and hyphaenethebaica (doum palm) fruits consumed by hamadryas baboons (papio hamadryas hamadryas) in awash national park, ethiopia. Journal of nutritional ecology and food research ,Vol. 1, 198–206.
- **Ahuja I., Kissen R., Bones Am.** (2012). Phytoalexins in defense against pathogens. Trends plant department of biology Norwegian university of science and technology, Realfagbygget, NO-7491 Trondheim, Norway.
- **Akowauh G., Zhari I., Norgyati I., Sadikun A., & Khamsah Sm.** (2004). The Effects Of Different Extraction Solvents of Varying Polarities on Polyphenols Of Orthosiphon Stamineus And Evaluation of the Free Radical-Scavenging Activity. Food Chemistry, vol 87,559-566.
- **Alais C., Linden G.** (1997). Abrégé de biochimie alimentaire. Masson (Paris) France 247p.
- **Alhassan A.J., Muhammad I.U, Idi.A. , Danagmbo M. A, Ramatu Y. Mohammad A, Nasir A ,Yaradua A.I , Adamu S.M, Alexander I .** (2018). Phytochemical screening

and proximate analysis of *Balanites aegyptiaca* Kernel. Food Science and Quality Management. Vol.74.

- **Andres A., Donovan S.M., Kuhlenschmidt M.S.** (2009). Soy isoflavones and virus infections. Journal of nutritional biochemistry 563/569.
- **Al-Thobaiti S.A and Abu Zeid Isam M.** (2018). Medicinal properties of desert date plants (*balanites aegyptiaca*) – an overview. Department of Biological Sciences, Faculty of Sciences, King Abdulaziz University, P.O. Box 139109, Jeddah 21323, Saudi Arabia , Global Journal of Pharmacology 12 (1): 01-12.
- **Amiot M.J., C. Riollet , Landrier J.F.** (2009). Polyphénols et syndrome métabolique ; Nutriments lipidiques et prévention des maladies métaboliques, Vol 3(5) .476-482.
- **Anon** (1986). The useful plants of India. New Delhi: Publications and Information Council of Scientific and Industrial Research.
- **Antwerpen P.V.** (2006). Contribution A L'étude Du Pouvoir Antioxydant De Divers Agents D'intérêt Thérapeutique : Ciblage Du Système Meyloperoxydase \ Peroxyde D'hdrogène \Chlorure. Thèse De Doctorat. Université De Bruxelles.
- **Ardestani A., Yazdanparast R.** (2007). Inhibitory effects of ethyl acetate extract of *Teucriumpolium* on in vitro protein glycoxidation .Food and Chemical Toxicology.

## **B**

- **Babasaheb P. Bandgar., Shrikant S. Gawande., Ragini G. Bodade., Jalinder V. Totre., Chandrahas N. Khobragade** (2010). Synthesis and biological evaluation of simple methoxy lated chalconesas anti-cancer, anti-inflammatory andantioxidant agents bioorganic & MedicinalChemistry. Vol 181364–1370.
- **Balasundram N., Sundram K. Et Samman S.** (2006). Phenolic compounds in plants and Agriindustrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses.Food Chemistry. 99:191–203.
- **Barouki R.** (2006). Stress Oxydant Et Vieillissement. Ageing Free Radicals And Cellular Stress 25-Med Sci (Paris); 22: 266–272.
- **Bavaresco L.** (2003). Role of viticultural factors on stilbene concentrations of grapes and wine. Drugs under Experimental and Clinical Research, 29:181-187.
- **Benkhnigue O., Zidane L., Fadli M., Elyacoubi H., Rochdi A. Et Douira A., (2011).** Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraa Bel Ksiri (Région du Gharb du Maroc). Acta Bot. Barc. 53, 191-216.

- **Bincy B., Priya A. & Ranjit V.** (2017). Antioxidant and anticancer properties of berries, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- **Bonnaillie C., Salacs M., Vassiliova E. Et Saykova I.** (2012). Etude de l'extraction de composés phénoliques à partir de pellicules d'arachide (*Arachis hypogaea L.*). *Revue de Génie Industriel*. 7 : 35-45.
- **Bossokpi I.P.L.** (2002). Etude des activités biologiques de *Fagaraxanthoxyloïdes LAM* (Rutaceae). Thèse de pharmacie, Bamako, 133 p.
- **Boulekbache** (2005). Activité biologiques et caractérisation des polyphénols extraits d'une plante médicinale [ressource textuelle, sauf manuscrits] : *Eucalyptus globulus* ; Bejaïa.
- **Boyd B., Ford C., Koepke Mc., Gary K., Horn E., McAnaley S., And McAnaley B .** (2003). Etude pilote ouverte de l'effet antioxydant d'ambrotose sur des personnes en bonne santé. *Glycoscience & Nutrition*. 4(6) :7.
- **Brasseur T.h., Angenot L., Pincemail J., Deby C.** (1986) ; Propriétés antiradicalaires, antilipoperoxydantes et antioxydants de flavonoïdes ; Service De Pharmacognosie.
- **Bruneton, j.** (1999) Tanins In: Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales, éd. TEC&DOC, Paris, , 369-404.
- **Bruneton j.** (1999). Phytochimie. Plantes médicinales. Pharmacognosie. 3ème édition, Paris, France. pp : 125-165.
- **Bruneton j.** (2008). Acides phénols. In : pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales. Ed : Tec & Doc. Lavoisier, Paris. pp 198-260.
- **Bruneton j.** (2009) Pharmacognosie— Phytochimie, Plantes médicinales. 4 E éd. Paris: Tec & Doc— Éditions Médicales internationales; [revue Et augmentée.

## C

- **Chapagain B.P. and Wiesman Z.** (2007). Determination of saponins in the kernel cake of *Balanites aegyptiaca* by hplc-esi/ms. *Phytochemical Analysis. Agric. Food chem*, 18: 354–362.
- **Collin S., Crouzet J.** (2011). Polyphénols et procédés. Paris: Tec & Doc;. p. 1—337.
- **Collin S., Counet C., Callemien D., Jerkovic V.** (2011). polyphénols et procédés .page 5.
- **Coombes Js., Powers Sk., Rowell B.** (2001). Effects of vitamin and  $\alpha$ -lipoic acid on skeletal muscle contractile properties. *J appl physiol*; 90: 1424.
- **Cran Fl.** (2001). biochemical functions of coenzyme q 10. *J Am Coll Nutr* ; 20(6) : 591-8.

- **Cui Y., Oh Yj ., Lim J., Youn M ., Lee I ., Pak Hk ., Park W., Jo W., Park S.**( 2012). AFM study of the differential inhibitory effects of the green tea polyphenol .Food Microbiology. Vol 29. 80-87.

## **D**

- **Daglia M.** (2012). Polyphenols as antimicrobial agents. Current Opinion in Biotechnology.Vol 23 (2) .174-181.
- **Davies KJ.** (1995). Oxidative stress: the paradox of aerobic live .Biochemsocsymp, Vol: 61,1-31.
- **De Filippis B., Ammazalorso A., Fantacuzzi M., Giampietro L., Maccallini C., Amoroso R.** (2010); Anticancer Activity of Stilbene-based Derivatives. Chemmed chem. Vol 12. 558-570.
- **Desmier T.** (2016). Les antioxydants de nos jours, definition et application .Thèse d'exercice. Université de Limoges.87p .
- **Dizdaroglu M., Jaruga P., Birinciglu M.** (2002). Free radical- induced damage to dna : mechanisms and measurement . Free radic biol med; 32(11) : 1102-15. Doc lavoisier. pp : 02-11.
- **Doughari J.h., Pukuma M.s., De N.** (2007) .Antibacterial effects of balanites aegyptiaca l. Drel. And moriang aoleifera lam. On salmonella typhi. Afr j biotechnol; 6:2212-5.
- **Druzyńska B., Stepniewska A. et Wolosiak R.** (2007).The influence of time and type of solvent on efficiency of the extraction of polyphenols from green tea and antioxidant properties obtained extracts. Acta sci. pol. technol alimentaria.6:27-36.

## **E**

- **Edwin H., Lilley T.H., Warminski E., Liao H., Yacai Russell M., Simon H. Gaffney., Paul N. Goulding, And Genevieve L.** (2015).Polyphenol complexationa study in molecular recognition . UNIV LAVAL .
- **El Aziz., M.M.A., Ashour A.S., Melad A.S.G.** (2019). Areview on saponins from medicinal plants: Chemistry, isolation, and determination. Journal of nanomedicine research, 282–288.
- **Evans P., Halliwill B.** (2001) .Micronutriments : Oxidant\Antioxidant Status .British Journal of nutrition. 85 (suppl.2), S67-S74.

**F**

- **Fang Yun-Zhong., Yang Sheng And Wu. Guoyao.** (2002). Free radicals, antioxidant and nutrition. From the department of biochemistry and molecular biology .beijing institute of radiation medicine beijing .China. Vol: 18,872-879.
- **Farag M.A; Porzel A.; Wessjohann L.A.** (2015). Unraveling the active hypoglycemic agent trigonelline in *Balanites aegyptiaca* date fruit using metabolite fingerprinting by NMR. *J. Pharm. Biomed. Anal.*, 115, 383–387.
- **Favier A.** (2003). Le stress oxydant : intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'actualité chimique.* vol 17: 501-512.
- **Finaud Julien, Lac Gérard. Filaire.** (2006).Edith. Oxidative Stress : relation ship with exercise and training .laboratoire biologie interuniversitaire des activités physiques et sportives. Université blaise pascal de clemont fenaud, Aubière France., Vol : 36, 327-358
- **Folin O and Ciocalteu V .** (1927) on tyrosine and tryptophane determination in protaines . *journal of biological chemistry* vol 27 , 627-650.

**G**

- **Gardes-Albert M., font-Rousselot B., Abedinzadeh D., Zohreh J.D.** (2003). Espèces réactifs de l'oxygène : comment l'oxygène peut-il devenir toxique?. *L'actualité chimique,* 91-96.
- **Gaur K., Nema Rk., Kori Ml., Sharma Cs., Singh V.**( 2008) Antiinflammatory activity of *Balanites aegyptiaca* in experimental animals models. *Int J Green Pharm;* 2:214-7.
- **Ghanemi F.Z., Belarbi, M., Fluckiger A., Nani A., Dumont A., De Rosny C., ... & Lahfa B. F.** (2017). Carob leaf polyphenols trigger intrinsic apoptotic pathway and induce cell cycle arrest in colon cancer cells. *Journal of functional foods,* 33, 112-121.
- **Gilbert Dl.** (2000) .Fifty Years Of Radical Ideas Unit onre active oxygen species. ; vol 899, 1-14.
- **Goudable J., Favier A.** (1997).Radicaux libres oxygéné et antioxydants, *Nutr Clin Métabol.* vol.11 ,115-120.
- **Gulcin I.** (2011),Antioxidant activity of food constituents: an overview. Faculty of sciences .Departement of chemistry ataturk university. Erzurum, Turkey, Vol .86, 345-391.
- **Gulluce M., Sokmen M., Daferera D., Agar G.O., zkan H., Kartal N., Polissiou M., Sokmen A., Sahin F.** (2003). In Vitro Antibacterial, Antifungal, and Antioxidant

Activities of the Essential Oil and Methanol Extracts of Herbal Parts and Callus Cultures of *Sature jahortensis* L. *Agric Food Chem.* Vol. 51. 3958–3965.

- **Gunther M.r., SampathV., Caughey Ws.** (1999). Potential roles of myoglobin autoxidation in myocardial ischemia-reperfusion injury. *Free Radic Biol Med* , : vol26 (11-12) :1388-1395.

## H

- **Hagerman A.** (2012). Fifty years of polyphenol-protein complexes. In: *Recent advances in polyphenol research.* 1st Edition. Cheynier, V; Sami-Machado, P.; Quideau, S. Eds. Publisher: Wiley-Blackwell & sons, Oxford, UK. Vol. No. 3. 364 pp.
- **Haleng J., L NcemaJ.P., Defragne J.O ., Charl Er C .,Chapelle J.P**( 2007) .Le stress oxydatif revmedliege. vol.62 , 628-638.
- **Halliwell B.** (1994). Free radicals and antioxidants: a personal view .*Nutrition reviews*, vol .52: 253-265 .
- **Hamid O., Wahab M., Hassan E.** (2001). *Balanites aegyptiaca* extract for treatment of HIV/ AIDS and leukemia. International publication Number WO /49306 A1.
- **Harborne J.B., Baxter H.**( 1999) *Handbook of natural flavonoids*, Wiley, Chichester vol.2.
- **He Z., Xia W. et Chen J.** (2008). Isolation and structure elucidation of phénolics compound in Chinese olive (*Cnarium album* L.) fruit. *European food research and technology.* Vol.226. 1191-1196.
- **Herrmann** (1976).Flavonols and flavones in food plants: areview. *FdTechnol.* Vol .11, 433-448.
- **Hmamouchi M.** (1997). *Plantes alimentaires, aromatiques, condimentaires, médicinales et toxique au Maroc.* Université Mohammed V.
- **Hsu YL, Kuo PL, Chiang LC. , Lin CC.** (2004). Isoliquiritigenin inhibits the proliferation and induces the apoptosis of human non-small cell lung cancer A549 cells. *ClinExp Pharmacol Physiol* vol.31:414–8.
- **Hubert J.** (2006). *Caractérisation biochimique et propriétés biologiques des micronutriments du germe de soja – Etude des voies de sa valorisation en nutrition et santé humaines,* École doctorale des Sciences Ecologiques, Vétérinaires, agronomiques et bioingénieries, 174p.

- **Hung H.C., Joshipura K.J., Jiang R., Hu F.B., Hunter D., Smith-Warner S.A.** (2004). Fruit and Vegetable Intake and Risk of Major Chronic Disease. *J Natl Cancer Inst* vol.96:1577–1584.

## **J**

- **JACKSON F., HOSTE H.** (2010). In vitro methods for the primary screening of plant products for direct activity against ruminant gastrointestinal nematodes In: In vitro screening of plant resources for extra-nutritional attributes in ruminants: nuclear and related methodologies, éd. VERCOE,P.E., MAKKAR,H.P.S.,SCHLINK,A.C., Springer Science+Business Media B. 25-45.
- **Jain S.K.** (2017). Medicinal Plants, Book review 129pp.
- **Jakes B And André R.** (2004) Biochimie Métabolique. Ed Ellipses. Paris.
- **José M., Pérez-Gomez C and De Castro I.** (1999) .Antioxidant enzymes and human diseases. Department of molecular biology and biochemistry, Faculty of Sciences, University of malaga, Campus de Teatinos, Spain. Vol. 32 , 595–603.

## **K**

- **Khalil N.SA., Abou-Elhamd AS., Wasfy Sia., El Mileegy Imh ., Hamed Mon., Ageely HM.**(2016). Impacts antidiabétiques et antioxydants des extraits aqueux de dattes du désert (*Balanites aegyptiaca*) et de persil (*Petroselinumsativum*): leçons de rats expérimentaux. *J. Diabète. Rés.* 832-840.
- **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(4), 165-177.
- **Kouame J., Gnoula C., Pale E., Bassole H., Guissou I. P., Simpore J., Nikiema J. B.**(2009). Etude des propriétés cytotoxiques et anti-radicalaires d'extraits de feuilles et de galles de *Guieras enegalensis* J. F. Gmel (*Combretaceae*) ,vol 32.
- **Kusch P., Deininger S.Specht., Maniako S., Haubrich R., Pommerening S., T. Lin, P.K.T. Hoerauf A., Kaiser A.** (2011) .In vitro and in vivo antimalarial activity of seeds from *Balanitesaegyptiaca*: Compounds of the extract show growth inhibition and activity against plasmodial amino peptidase. *J. Parasitol Res.*, 368-692.

## **L**

- **Lamblin F., Hano C., Fliniaux O., Mesnard F., Fliniaux M.A., Lainé É.** (2008). Intérêt des lignanes dans la prévention et le traitement de cancers. .Vol 24,511 – 520.
- **Lee S.H., Oe T. Blair I.A..** (2001), Vitamin C-induced decomposition of lipid hydroperoxides to endogenous genotoxins, Science . vol 292 .2083–2086.
- **LEGER. Claude-Louis.** (2000). La vitamine E : état actuel des connaissances, rôle dans la prévention cardio-vasculaire, biodisponibilité, Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Vol . 7 (3), 258-265.

## M

- **Mahmoudi S., Khali M. &Mahmoudi N.** (2013). Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynarascolymus L.*).Revue « Nature & Technologie ». B-Sciences Agronomiques et Biologiques, 35-40.
- **Manach C., Scalbert A., Morand C., Rémésy C., Jiménez L.** (2004).Polyphenols: food sources and bioavailability. The American Journal of Clinical Nutrition. Vol79.727-747.
- **Marfak A.** (2003). Thèse De Doctorat Radiolyse Gamma Des Flavonoïdes ; Etude De Leur Réactivité Avec Des Radicaux Issus Des Alcools.
- **Martin S. et Andriant sitohaina R.** (2002).Cellular mechanism of vasculo-protection induced by polyphenols on the endothelium. Annales de Cardiologie et d'Angiologie. Vol.51. 304-315.
- **Martínez-Flórez S., González-Gallego J., Culebras J. M., Tuñón M.J.** (2011).Los flavonoides: propieda des y acciones antioxidantes ; 271-278.
- **Meda R.N.T., VlaseL., Lamien-Meda, A., Lamien C.E., Muntea D., Tipericiu B., Oniga I., Nacoulma, O.G.** (2011). Identification and quantification of phenolic compounds from *Balanites aegyptiaca(L.) Del* (Balanitaceae) galls and leaves by HPLC-MS. Nat. vol .25, 93–99.
- **Meda R.N.T., Vlase L., Lamien-Meda A., Lamien C.E., Muntean, D., Tipericiu B., Oniga I., Nacoulma O.G.** (2011).Identification and quantification of phenolic compounds from *Balanites aegyptiaca(L.) Del* (Balanitaceae) galls and leaves by HPLC-MS. Nat.vol .25. 93–99.
- **Milder I.E., Arts I.C., Van De Putte B.** (2009). Lignan contents of Dutch plant foods : a database including lariciresinol, pinoresinol, secoisol ariciresinol and matairesinol, Br. J. Nutr.vol 93.393-402.

- **Mirończuk-Chodakowska I., Witkowska A.M., Zujko Z.M.** (2018) Endogenous non-enzymatic antioxidants in the human body, Department of Food Biotechnology, Medical University Of Bialystok, Szpitalna 37, 15-295 Bialystok, Poland, vol, 63 ; 68–78 .
- **Mohamed F.Z., Fahmi A-A., Saad A.M., Fathy M, Ahmed E-E., Badawy M.** (2015) biochemical and phytochemical studies on balanites aegyptiaca fruits. Scientific research & studies center-faculty of science zagazig university Egypt. Vol 10(2), pages 13-26.
- **Mohamed Z.G., Maha M.S., Manal F.I., Nibal D.T.** (2006). Biochemical study of the anti diabetic action of the Egyptian plants Fenugreek and Balanites. Mol Cell Biochem ;vol .281.173-183.
- **Mohamed A.M., Wolf W. and Speiss. W.L.** (2002). Physical, morphological and chemical characteristics, oil recovery and fatty acid composition of Balanites aegyptiaca Del. Kernels. Plant Foods Hum Nutr vol .57:179-189.
- **MuhdSani U.** (2016).Comparative antifeedant activities of the epicarp and mesocarp methanolic extracts of the seeds of Balanites aegyptiaca against cowpea bean (Vigna unguiculata) storage pest (Callosobruchus maculatus) .Journal of Medicinal Plants Studies; 4(6).199-203.
- **Murthy H.N., Yadav G.G., Dewir Y.H. and Ibrahim A.**(2021).Phytochemicals and biological activity of desert date (balanites aegyptiaca (L.) Delile) , Department of botany, karnatak university, Dharwad 580003, India ,Plants, 10, 32 .
- **Murthy H.N., Bapat V.A.** (2020). Importance of underutilized fruits and nuts. In bioactive compounds in underutilized fruits and nuts, Reference Series in Phytochemistry; Springer: Cham, Switzerland,; pp. 3–19.

## N

- **Nani A.** (2017). Effets de polyphénols de mil sur le cancer de l'os et son mode d'action sur le système. thèse de Doctorat en Agronomie, Option : « Nutrition », Université Abou Bekr Belkaïd-Tlemcen.
- **Nani A., Belarbi M., Murtaza B., Benammar C., Merghoub T., Rialland M., Akhtar Khan., Hicham A.** (2019). Polyphenols from Penni setumglaucum grains induce MAP kinase phosphorylation and cell cycle arrest in human osteosarcoma cells .Journal of Functional Foods. vol 54.422-432.

- **Nicks F., Borguet Y., Delfosse S., Bicchielli D., Delaude L., Sauvage X., Demonceau Aust A. J. (2009).** Chem.; microwave-assisted ruthenium-catalyzed reactions. vol 62, 184-207.
- **Nkhili E. Z. (2009).** Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. Diplôme de Doctorat. Université Cadi Ayyad-Marrakech.

## O

- **Opet E. (2012)** Mise au point et validation d'une méthode de dosage des tanins condensés. Chimie. 2012. hal-02961850.

## P

- **Pérez-Jiménez J., Neveu V., Vos F. (2010)** A systematic analysis of the Content of 502 Polyphenols in 452 Foods and beverages — An Application of the Phenol-Explorer database. J Agric Food Chem. vol.58:4959—4969.
- **Perez-Vizcaino F., Juan Duarte. (2010).** Molecular aspects of medicine. Journal homepage: [www.elsevier.com/locate/mam](http://www.elsevier.com/locate/mam) .478-494.
- **Pincemail J., Degrune F., Voussue S., Malherbe C., Paquot N., Defraigne J –O. (2007).** Effet d'une alimentation riche en fruits et légumes sur les taux plasmatiques en antioxydants et des marqueurs des dommages oxydatifs, Nutrition clinique et métabolisme vol 21, 66–75.
- **Pincemail J., Bonjean K., Cayeux K., Defraigne J.O. (2002)** Mécanisme physiologique de la défense antioxydante. Nutrition clinique et métabolism. Vol .16 ;227-304.
- **Prieto P., Pineda M., Aguilar M. (1963)** spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex : specific application to the determination of vitamine E. analytical biochemistry 269(2) 337-341.

## Q

- **Quideau S., Deffieux D., Douat-Casassus C., Pouységu L. (2011).** Plant polyphenols: chemical properties, biological activities, and synthesis. Angew. Chem., Int. Ed. vol. 50. 586–621.
- **Quyrou A. (2003)** mise au point d'une base de données sur les plantes médicinales. exemple d'utilisation pratique de cette base. thèse de doctorat univ . ibn tofail .sci kenitra Maroc.

## R

- **Raccah D.**(2004) Epidémiologie Et Physiopathologie Des Complications Dégénératives Du Diabète Emc- Endocrinologie vol .1 .29-42.
- **Radak Z., Kaneko T., Tahara S.**(1999). The effect of exercise training on oxidative damage of lipids,proteins, and dna in rat skeletal muscle :Evidence for beneficial outcomes . Free Radic Biol Med. Vol. 27. (1-2) :69-74.
- **Rahman T., Hosen I., Towhidul Islam M. Et Uddin Shekhar H.** (2012).Oxidative stress and human health. Advances in bioscience and biotechnology. Vol3 : 997-1019.
- **Rathore M., R.Arya R.K., Meena, and. Kumar H.** (2005). AFRI Darpan (Hindi) vol2.12-13.
- **RenaudS C., Guéguen R., Siest G., Salamon R ., Arch.** (1999). Intern. Med. 159.
- **Ribereau G.P., Oliver and Boyd E.** (1972). “Plant Phenolics”.
- **Ribereau, G.P.** (1968) Plant phenolic compound. Dunod, Paris, 254 p.
- **Rijke E., Out P., Niessen W M A., Ariese F., Gooijer C., Brinkman U A T.,** (2006). Analytical separation and detection methods for flavonoids. Journal of chromatography A 1112: 31 - 63.
- **Roberts M.F., Wink M.** (1998).Alkaloids-biochemistry, ecological functions and medical applications; Plenum Press: New York, NY, USA.
- **Rousserie P.** (2019).Thèse doctorat de la biosynthèse des flavanols aux tanins du vin.

## S

- **Sabalitschka T and Bohm E.** (1927). Preservation of gelatine jellies. Chem.vol 7.51,301
- **Sahalitschka T.** (1929). Relationship of physical properties of chemical substances to their effects on microorganisms. Arch. Pharm., Berl. 267, 272.
- **Salih A.G., Le Quéré J.M., Drilleau J. F.**(2000).Action des acides hydroxy cinnamiques libres et estérifiés sur la croissance des bactéries lactiques, Sciences Des Aliments, 537-560 .
- **Salminen J.P., Karonen M.** (2011). Chemical ecology of tannins and other phenolics: We need a change in approach. Funct. Ecol., 25, 325.
- **Samuel, A.L ., Temple, V.J ., Ladeji O.** (1997). Chemical and nutrition evaluation of the seed kernel of *Balanites aegyptiaca*. Niger. J. Biotechnol., 8, 57–63.

- **Sarker S.D., Barholomew B., Nash R.J.** (2000). Alkaloids from *Balanites aegyptiaca*. *Fitoterapia*, vol .71, 328–330.
- **Sarni-Manchado P Et Cheynier V.** (2006). Les polyphénols en agroalimentaire. Ed Tec
- **Schofield P., Mbugua D.M. and Pell A.N.** (2001). Analysis of condensed tannins: a review. *Anim. Feed Sci. Technol*, 91, 21-40. *Sci. févr 2012*. vol .17(2):73-90.
- **Shafik N.H., Shafek R.E., Michel H.N., Eskander E.F.** (2016) .Phytochemical study and anti hyperglycemic effect of *Balanites aegyptiaca* kernel extract on alloxan induced diabetic male rat. *J. Chem. Pharma.* vol 8.128–136.
- **Sharma A., Shankerc., Tyagi L. K., Singh M., Rao C. V., (2008).** Herbal Medicine for Market Potential in India: An Overview. *Acad. J. Plant Sci.* 1, 26-36.
- **Sies H.** (1985). Introductory Remarks In: *Oxidative Stress*. Academic London, 1-8.
- **Sies H.** (1986) *Biochemistry of oxidative stress*. *Angew Chemical Ed Eng*, Vol .25.1058-1071.
- **Singleton V., Orthofer R. and Lamuela-Raventos R.**(1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods Enzymo*,17-152.
- **Speroni E., Cervellati R., Innocenti G., Costa S., Guerra MC., Dall S., et al.** (2005) Anti-inflammatory, anti-nociceptive and antioxidant activities of *Balanites aegyptiaca* (L.) Delile. *J Ethnopharmacol*; 98:117-25.
- **Stoclet J.C ., Schinikerth V.** (2011). Flavonoïdes alimentaires et santé humaine Dietary flavonoids and humanhealth. Vol 69. 78-90.
- **Szweda Pa., Friguet B., Szweda Li.** (2002). Proteolysis. *Free Radicals And Aging*. *Free Radic Biol Med.* 33 (1). 29-36.

## T

- **Tesfaye A.** (2015). *Balanites (balanite aegyptiaca) del.*, Multipurpose tree a prospective review , Biodiversity research Center, Arba Minch University, Arba Minch, Ethiopia , 2(3), 189-194, *Teucrium polium* in vitro protein glyc oxidation, *Food and Chemical Toxicology*, 45,2402–2411.
- **richard T., Tamsamani H., Delaunay J.C, Krisa S., Mérillon J.M.** (2014), Stilbènes : De la chimie à la neuro protection. *Cahier de nutrition et de diététique*. Vol 49. 173-180.
- **Tsao R.** (2010). Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, vol 2.1231–1246.

- **Tsao R., Mc Callum J.** (2009). Chemistry of flavonoids – chapter 5. In: de la Rosa LA, Alvarez-Parrilla E, Gonzalez-Aguilar G, editors. Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability. Ames, IA, USA: Blackwell Publishing, p 131–5.
- **Tsao R., Yang R., Young J.C.** (2003). Antioxidant isoflavones in osage orange, *Maclura pomifera* (Raf.) Schneid. *J Agric Food Chem* vol51 (22):6445–51.

**V**

- **Vogt T.** (2010). Phenyl propanoid Biosynthesis. *Molecular Plant*, vol.3.02-10. Vol 45 .2402–2411.

**X**

- **Xia E.-Q., Deng G.-F., Guo Y.-J., Li H.-B.**(2010). Biological activities of polyphénols from grapes. *Int. J. Mol. Sci.*, vol.11, 622–646.

**Y**

- **Yu J., Bi X., Yu B and Chen D.**(June 2016) .Isoflavones: Anti-inflammatory Benefit and Possible Caveats. *Animal nutrition institute*.vol6 .361.
- **Yadav J.P., Panghal M.** (2010). *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. (Hingot): A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacological properties, Department of Genetics, M.D. University, Rohtak - 124 001, Haryana, India.

**W**

- **Williamson G.** (2017) .the role of polyphenols in modern nutrition. *nutrition bulletin* , vol 42 , pages 226-235.

**Z**

- **Zaaror B.** (2012). Etude photochimique de quelques extraits obtenus de la plante *Matri cariapu bescens* (Artéracées) et évaluation de leur activité antioxydante. Mémoire de master académique, université kasdimerbah, ouargla, 66 p.
- **Zelko I.N., Mariani T.J., Folz R.J.**(2002). Superoxide dismutase multigene family: a comparison of the CuZn-SOD (SOD1), Mn-SOD (SOD2), and EC-SOD (SOD3) gene structures, evolution, and expression, *Free Rad. Biol. Med.*, , 33(3), p. 337.
- **Zhou Y., Zheng J., Li Y., Xu D.P., Li S., Chen Y.M And Li H.B** (2016). Natural Polyphenols for Prevention and Treatment of Cancer , *journal of nutrients* 8(8) 515 .

- **Zerioush W., Nani A., Belarbi M., Dumont A., De Rosny C., Aboura I, ... and Apetoh L.** (2017). Phenolic extract from oleaster (*Olea europaea* var. *Sylvestris*) leaves reduces colon cancer growth and induces caspase-dependent apoptosis in colon cancer cells via the mitochondrial apoptotic pathway. *PloS one*, 12(2), e0170823.

## ملخص

البوليغينول عبارة عن مركبات عضوية ثانوية موجودة في النباتات ولها تأثيرات وقائية مثل نشاطها المضاد للأكسدة تهدف دراستنا إلى تحديد محتوى المركبات الفينولية (البوليغينول ، الفلافونويد ، العفص) ، لتقييم النشاط المضاد للأكسدة لمستخلص البوليغينول لأجزاء الفاكهة الثلاثة (القشرة ، اللب ، النواة) لنبات البلايت (الهليلج) . أظهرت نتائجنا أن مستخلصات البوليغينول لأجزاء الفاكهة الثلاثة من نبات البلايت (الهليلج) تحتوي على مركبات فينولية. بالإضافة إلى ذلك وجدنا أن مستخلص اللب هو الأغنى في البوليغينول والفلافونويد والعفص المكثف بمحتويات  $1.73 \pm 22.34$  مغ مكافئ لحمض الغاليك /غ مادة جافة،  $3.07$  مع مكافئ للكاتشين/غ مادة جافة ،  $0.1 \pm 2.78$  مع مكافئ للكاتشين /غ مادة جافة على التوالي ، كما لاحظنا أن النواة غنية بالعفص المكثف ( $0.3 \pm 1.88$  مغ مكافئ للكاتشين /غ مادة جافة)

من ناحية أخرى تحتوي القشرة على كمية معتبرة من البوليغينول و الفلافونويد ( $0.08 \pm 11.43$  مغ مكافئ لحمض الغاليك /غ مادة جافة ،  $0.04 \pm 1.21$  مغ مكافئ للكاتشين / مادة جافة) على التوالي ، و نسبة منخفضة في العفص

أظهر تقييم القدرة الكلية لمضادات الأكسدة (CAT) ان مستخلصات البوليغينول لفاكهة الهليلج لها نشاط كبير مضاد للأكسدة ، حيث يحتوي اللب على أعلى نشاط مضاد للأكسدة ( $0.09 \pm 2.222$  مغ مكافئ لحمض الاسكوربيك/غ مادة جافة) بالنسبة للقشرة ( $0.1 \pm 1.43$  مغ مكافئ لحمض الاسكوربيك /غ مادة جافة) و النواة ( $0.1 \pm 1.55$  مغ مكافئ لحمض الاسكوربيك /غ مادة جافة) تم تحديد FRAP التي أظهرت أن اللب لديه أكبر قوة مضادة للأكسدة بواسطة IC50 تساوي  $3.91$  مغ/مل ثم القشرة ( $7.92$  مغ/مل) و النواة ( $19.82$  مغ/مل) بالمقارنة مع المعيار (BHA) الذي يحتوي على قيمة IC50 تساوي  $0.15$  مغ/مل يرجع النشاط المضاد للأكسدة لفاكهة نبات الهليلج أساساً إلى وجود مادة البوليغينول والفلافونويد ومستقلبات ثانوية أخرى

**كلمات مفتاحية :** بلايت (الهليلج)، البوليغينول، نشاط مضاد للأكسدة ، CAT، FRAP .

## Résumé

Les polyphénols sont des métabolites secondaires présentés dans les plantes et qui ont des effets protecteurs tels que leur activité antioxydante.

Notre étude a pour objectif de déterminer les teneurs en composés phénoliques (polyphénols, Flavonoïdes, tanins), d'évaluer l'activité antioxydante d'extrait polyphénolique des trois parties de fruit (épicarpe, pulpe, amande) de *Balanite Aegyptiaca*.

Nos résultats ont montré que les extraits polyphénoliques des trois parties de fruit de *Balanite Aegyptiaca* contiennent des composés phénoliques. Par ailleurs, nous avons constaté que l'extrait de la pulpe est le plus riche en polyphénols, flavonoïdes et tanins condensés avec des teneurs de  $22,34 \pm 1,73$  mg EAG/g de M.S ;  $3,07$  mg EC/g MS ;  $2,78 \pm 0,1$  mg EC/g Ms respectivement. Par contre, nous avons constaté que l'amande est riche en tanins condensés ( $1,88 \pm 0,3$  mgEC/g MS) d'autre part l'épicarpe contient des teneurs considérables en polyphénols et flavonoïdes ( $11,43 \pm 0,08$  mg EAG/g de MS ;  $1,21 \pm 0,04$  mg EC/MS) respectivement et pauvre en tannins.

L'évaluation de la capacité antioxydante totale (CAT) a révélé que les extraits polyphénoliques de fruit de *Balanites Aegyptiaca* a une activité antioxydante importante dont la pulpe présente l'activité antioxydante la plus élevée ( $2,222 \pm 0,09$  mg EAA/ g ES) par apport à l'épicarpe ( $1,436 \pm 0,1$  mg EAA/ g ES) et l'amande ( $1,556 \pm 0,1$  mg EAA/ g ES). Le pouvoir réducteur a été déterminé par la méthode FRAP qui a montré que la pulpe à le pouvoir réducteur le plus important (IC50 =  $3,91$  mg/ml) puis l'épicarpe (IC50 =  $7,92$  mg/ml), et l'amande ( $19,82$  mg/ml) en le comparant avec celui de standard (BHA) qui a un IC50 de la valeur de  $0,15$  mg/ml.

L'activité antioxydante de fruit de plante de *Balanite aegyptiaca* due essentiellement à la présence des polyphénols, flavonoïdes et a d'autres métabolites secondaires.

**Mot clé :** *Balanites aegyptiaca*, Polyphénols, Activité Antioxydante, CAT, FRAP .

## Abstract

Polyphenols are secondary metabolites present in plants and which have protective effects such as their antioxidant activity.

Our study aims to determine the content of phenolic compounds (polyphenols, flavonoids, tannins), to evaluate the antioxidant activity of polyphenolic extract of the three fruit parts (epicarp, pulp, kernel) of *Balanites Aegyptiaca*.

Our results showed that the polyphenolic extracts of the three fruit parts of *Balanites Aegyptiaca* contain phenolic compounds. In addition, we found that the pulp extract is the richest in polyphenols, flavonoids and condensed tannins with contents of  $22.34 \pm 1.73$  mg EAG/g of DM;  $3.07$  mg EC/g DM;  $2.78 \pm 0.1$  mg EC/g Ms respectively. On the other hand, we noted that the kernel is rich in condensed tannins ( $1.88 \pm 0.3$  mgEC/g DM) on the other hand the epicarp contains considerable contents of polyphenols and flavonoids ( $11.43 \pm 0.08$  mg EAG/g DM;  $1.21 \pm 0.04$  mg EC/DM) respectively and low in tannins.

The evaluation of the total antioxidant capacity (CAT) revealed that the polyphenolic extracts of *Balanites Aegyptiaca* fruit has a significant antioxidant activity, the pulp of which has the highest antioxidant activity ( $2.222 \pm 0.09$  mg EAA / g ES) by contribution to the epicarp ( $1.436 \pm 0.1$  mg EAA/ g ES) and the kernel ( $1.556 \pm 0.1$  mg EAA/ g ES).

The reducing power was determined by the FRAP method which showed that the pulp has the greatest reducing power (IC50 =  $3.91$  mg/ml) then the epicarp (IC50 =  $7.92$  mg/ml), and kernel ( $19.82$  mg/ml) comparing it with that of standard (BHA) which has an IC50 value of  $0.15$  mg/ml.

The antioxidant activity of *Balanites Aegyptiaca* plant fruit is mainly due to the presence of polyphenols, flavonoids and other secondary metabolites.

**Key word:** *Balanites aegyptiaca*, Polyphenols, Antioxidant Activity, CAT, FRAP